

51

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Int. Cl. 2:

F 01 C 1-2
F 02 B 53-00

AA

DT 2438410 A1

11

Offenlegungsschrift 24 38 410

21

Aktenzeichen: P 24 38 410.9

22

Anmeldetag: 9. 8. 74

43

Offenlegungstag: 19. 2. 76

30

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung:

Maschine mit linsenförmigen Drehkolben und -ventilen

71

Anmelder:

Empresa de Construction Industrial, Havanna

74

Vertreter:

Müller-Bore, W., Dr.; Groening, H.W., Dipl.-Ing.;
Deufel, P., Dipl.-Chem. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.rer.nat.;
Schön, A., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Hertel, W., Dipl.-Phys.; Pat.-Anwälte,
3300 Braunschweig u. 8000 München

72

Erfinder:

Morales Montalvo, Lionel, Havana

21 47 JUTIV A1

DR. MÜLLER-BORÉ · DIPL.-ING. GROENING
DIPL.-CHEM. DR. DEUFEL · DIPL.-CHEM. DR. SCHÖN
DIPL.-PHYS. HERTEL
PATENTANWÄLTE

2438410

E 16-1

EMPRESA DE CONSTRUCTION INDUSTRIAL
Antonio Maceo Building
269, N St. Havana, Cuba

Maschine mit linsenförmigen Drehkolben und -ventilen.

Die Erfindung betrifft eine Maschine mit linsenförmigen Drehkolben und -ventilen zur Verwendung bei Motoren mit innerem und äußerem Verbrennungsraum, Expansionsmaschinen und Pumpen.

Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf eine Maschine, bei der sämtliche beweglichen Teile genau kreisförmige Bewegungen um feste Punkte vollführen und deren Arbeitsflächen untereinander nach einem Satz der analytischen Geometrie in ununterbrochenem Kontakt stehen. Diese Maschine findet Anwendung in zahlreichen Bereichen der modernen Technik und zwar bei sämtlichen Motoren mit innerem und äußerem Verbrennungsraum, also bei Brennkraftmaschinen und Kraftmaschinen mit Wärmezufuhr von

609808/0619

- 2 -

2438410

außen, bei Kompressoren, bei Vakuumpumpen, bei Gebläsen, bei Strömungsmotoren und bei Flüssigkeitspumpen.

Bei den bekannten Brennkraftmaschinen wird die chemische Energie des Treibstoffes mit Hilfe der klassischen Systeme Kolben-Pleuelstange-Kurbelwelle in mechanische Energie umgewandelt. Die Nachteile dieser Maschinen sind bekannt: es wird eine beachtliche Menge von Teilen bewegt, die die Herstellung verteuern und die Leistung der Maschine fühlbar vermindern. Außerdem wird infolge der geringen Verbrennungszeit, die dieses System ermöglicht, eine große Anzahl umweltschädlicher Produkte erzeugt, vor allem, wenn die Maschine mit hohen Drehzahlen läuft. Eines der Probleme bei Motoren mit innerem Verbrennungsraum, bei denen Zündkerzen verwendet werden, besteht bekanntlich darin, daß der Verbrennungsprozess unzureichend ist und daß ein großer Teil des in den Verbrennungsraum eintretenden Treibstoffes durch den Auspuff wieder austritt, ohne verbrannt worden zu sein.

Weiterhin sind Drehmotoren bekannt, die auf dem Prinzip der Kreiselumpen basieren, sowie herkömmliche geschlitzte Kolben, die eine Längsbewegung und eine Drehbewegung ausüben, hin- und hergehende Kreisbahnmotoren und Motoren mit Dreiecks-Kolben, die sich innerhalb von Epitrochoidenflächen bewegen. Alle diese Motoren weisen den Nachteil einer unvollständigen Verbrennung und Expansion auf.

Eine bekannte Maschine (US-PS 2 794 429) hat als bewegliche Teile im wesentlichen zwei ungleiche ovale Läufer, die sich in der gleichen Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit drehen, ohne daß sie zu irgendeinem Zeitpunkt miteinander oder mit den Wänden, die sie teilweise umgeben, in Berührung kommen.

Diese Läufer drehen sich nach dem Prinzip der Turbinenschaufeln,

609808/0619

2438410

d.h., ohne irgendeinen Kontaktschluß, so daß eine geeignete Kompression unmöglich ist und für den Betrieb außerdem ein Gebläse am Einlaß und eine Turbine am Auslaß benötigt wird, um den grossen Druck und die hohe Temperatur auszunutzen, mit denen die Auspuffgase nach außen abgeführt werden. Aufgrund dieses komplizierten Aufbaues ist ein erheblicher Bau- und Betriebsaufwand erforderlich.

Erfindungsgemäß sollen nun diese Nachteile durch Schaffung eines Motors mit internem Verbrennungsraum, beseitigt werden, bei dem die Bedingungen, unter denen die Verbrennung zustande kommt, dadurch verbessert sind, daß die Verbrennung in einer hermetisch abgeschlossenen Kammer bei konstantem Volumen erfolgt, und zwar mit Zündung durch einen Glüh-Stab, der während des Betriebs des betreffenden Motors weiterglüht, der anstelle der intermittierenden Zündkerze verwendet wird, und der eine vollständige Verbrennung des Gemisches bei höchsten Drehzahlen ermöglicht. Die Durchführung der übrigen Verdichtungs- und Ausdehnungsprozesse in unbedingt dichten Kammern von variablem Volumen und die Einführung von Verbesserungen wie Nachverbrennung mit vollständiger Energieausnutzung, automatische Kontrolle der Verbrennungstemperatur und vollständige Ausdehnung der Gase, so daß kein Auspufftopf erforderlich ist, bewirken eine wesentliche Erhöhung der thermischen Leistung.

Sämtliche obenerwähnte Vorteile führen bei einer Maschine mit wesentlich vereinfachten Bauteilen zu Abgasen, die praktisch frei von umweltschädlichen Produkten sind.

Der erfindungsgemäße Motor mit innerem Verbrennungsraum und mit konstantem Volumen soll klein sein und dieselben Eigenschaften aufweisen wie der vorstehend beschriebene Motor, jedoch mit normaler Expansion und ohne Nachverbrennung arbeiten.

609808/0619

2438410

Diese wesentlich vereinfachte Ausführung mit Luftkühlung, geringem Gewicht und geringem Volumen ist als Niederleistungs-Antriebsmotor für leichte Fahrzeuge wie Boote, Scooters, Motorräder und dergleichen geeignet.

Trotz der unbestreitbaren Vorteile der Turbinenluftstrahltriebwerke und der TP-Triebwerke bei großen Höhen und hohen Geschwindigkeiten, die äußerst starke Triebwerke mit relativ geringem Gewicht und geringer frontaler Fläche bilden, wurde die Anwendung von hin- und hergehenden Motoren in der Luftfahrt nicht aufgegeben, und zwar hauptsächlich wegen ihrer großen thermischen Leistung im Vergleich zu den Vorgenannten. Bekanntlich kann ein Motor mit hin- und hergehend arbeitenden Kolben niemals so weich laufen wie ein vollkommen abgeglicher Drehmechanismus und auch keine Drehzahl erreichen, die mit denen der Turbinen vergleichbar wären. Außerdem ist bekannt, daß die von einem beliebigen Wärmemotor abgegebene Leistung im wesentlichen von der maximalen Luftmenge abhängig ist, die verwendet werden kann. In der Luftfahrt sind hin- und hergehende Motoren immer noch von Vorteil, weil sie verhältnismäßig kleine Volumen bei hohem Druck und hoher Temperatur bewältigen, während die Turbinen infolge ihrer großen organischen Leistung und der großen Durchflußquerschnitte bei großen Volumen und niedrigem Druck bevorzugt werden.

Erfindungsgemäß soll deshalb ein Triebwerk für die Luftfahrt geschaffen werden, das große Luftmengen bei hohem Druck und hoher Temperatur bewältigen kann und zwar bei konstantem Fluß, bei praktisch kontinuierlicher Verbrennung und bei sehr hohen Drehzahlen ohne die geringste Erschütterung. Dieser Motor hat eine doppelte Wirkung.

Die Beanspruchungen sind so abgeglichen, daß seitliche Kräfte,

609808/0619

2438410

die die Neigung haben, die Welle zu deformieren und die Lager der Welle zusätzlich zu belasten, vermieden werden. Der Motor ist luftgekühlt und arbeitet bei einer großen Anzahl von Treibstoffen geräuschlos. Er bietet Gewicht-Leistung-Volumen-Verhältnisse, die besser sind als diejenigen der TP-Triebwerke. Ein solcher Motor ermöglicht größere Treibstoffeinsparungen als die hin- und hergehenden Motoren und es können verschiedene Einheiten davon auf derselben Achse montiert werden.

Es sind weiterhin Kraftmaschinen mit Wärmezufuhr von außen bzw. Motoren mit äußerem Verbrennungsraum bekannt. Dabei wird ein Gas in einem hermetisch geschlossenen Kreislauf verwendet, das, wenn es sich ausdehnt, die wechselweise arbeitenden Kolben bewegt, die die Kraft auf die Ausgangswelle übertragen, und zwar über den herkömmlichen Mechanismus Pleuelstange-Kurbelwelle oder mit Hilfe komplizierter Mechanismen, wie z.B. Schwingteller oder rautenförmige Mitnehmer. Das im wärmsten Teil eingeschlossene Gas dehnt sich aus und weicht zum kälteren Bereich hin zurück, wobei es Wärme in einem Zwischenregenerator speichert. Beim Zurückströmen zur Ausdehnungszone nimmt es diese Wärme wieder auf und beginnt den Zyklus von neuem. Die Verbrennung erfolgt außerhalb des Zylinders kontinuierlich und zwar in geeigneten Brennern und mit entsprechender Luft, wobei die Erzeugung von umweltschädlichen Produkten fühlbar reduziert wird. Diese Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie wird jedoch infolge der unzulänglichen Leistung dieser Maschinen beeinträchtigt, die den Nachteil haben, daß sie hin- und hergehend arbeiten und die außerdem die Reibungskräfte überwinden müssen, welche von den zahlreichen engen Leitungen erzeugt werden, die die Verschiebung des Gases ständig behindern.

609808/0619

Erfindungsgemäß soll deshalb eine Kraftmaschine mit Wärmezufuhr von außen geschaffen werden, bei der die von einem beliebigen Medium produzierte Wärmeenergie einschliesslich der Sonnen- und Nuklearenergie direkt in mechanische Bewegungsenergie umgewandelt wird. Dabei werden die Nachteile des herkömmlichen Systems vermieden, indem der Betriebsstoff in einer einzigen Drehrichtung bewegt wird, in der ein Sechstakt-Zyklus stattfindet. Dieser Zyklus kommt bei einer halben Umdrehung zustande, d.h., der Motor arbeitet mit je zwei Zyklen und erzeugt symmetrische Kräfte, die auf die Ausgangswelle eine ausgleichende Wirkung ausüben, so daß die Maschine vollkommen ausgeglichen ist. Aufgrund seiner besonderen Konzeption bietet dieser Motor die Möglichkeit, ein System von maximaler Abdichtung zu realisieren.

Eine Pumpe ist eine Vorrichtung, mit der eine Flüssigkeit mit Hilfe mechanischer oder sonstiger Mittel kontinuierlich gehoben, abgesaugt, verdichtet oder angesaugt werden kann. Solche Vorrichtungen sind Kompressoren, Vakuumpumpen, Gebläse und verschiedene Flüssigkeitspumpen. Diese Geräte können im wesentlichen in zwei große Gruppen zusammengefaßt werden, nämlich Pumpen mit Zwangs-Verdrängung und Pumpen mit nicht zwangsweiser Verdrängung. Zur ersten Gruppe gehören die volumetrischen Pumpen, die als Kolbenpumpen oder Rotationspumpen ausgebildet sind. Es sind dies, ganz allgemein betrachtet, Mechanismen, die die Energie der Flüssigkeit verändern, indem sie ihren Druck erhöhen, wobei die dynamische Wirkung der betreffenden Flüssigkeit ohne Bedeutung ist. Zur zweiten Gruppe gehören im wesentlichen die Zentrifugalpumpen, und die Pumpen mit Schraubenrotor und Axialpumpen, die die Bewegungsenergie der Flüssigkeit in Druckenergie umwandeln. Erfindungsgemäß sollen die grundlegenden Eigenschaften der beiden vorerwähnten Pumpengruppen in einer einzigen Pumpe vereint werden.

Die erfindungsgemäße Pumpe soll die Energie der Flüssigkeit durch Erhöhen ihres Druckes verändern, und zwar durch eine Volumenänderung, die der Verschiebung des mechanischen Teils entspricht, das die Antriebsenergie überträgt und gleichzeitig soll die kinetische Energie dieser Flüssigkeit in Druckenergie umgewandelt werden. Eine neue Eigenschaft der geplanten Pumpe ist ihre unwuchtfreie Arbeitsweise, die dadurch erzielt wird, daß auf die Welle symmetrische Kräfte einwirken, die in entgegengesetzten Kammern erzeugt werden, so daß seitliche Beanspruchungen der Lager vermieden werden. Eine solche Pumpe weist die Vorteile der beiden vorerwähnten Pumpengruppen auf, ohne ihre Nachteile zu übernehmen.

Mit Luft oder Dampf betriebene Expansionsmotoren arbeiten auf zahlreichen Gebieten mit hin- und hergehenden Kolben oder mit Gleitschaufeln. Erfindungsgemäß soll eine Expansionsmaschine geschaffen werden, die eine Verbesserung der bekannten Maschinen darstellt, weil sie die Flüssigkeit in angemessenen Mengen bei konstantem Volumen empfängt und sie vollständig auf ein mechanisches Drehorgan leitet, so daß eine maximale Leistungsfähigkeit erzielt wird. Bei dieser Maschine sind auch die seitlichen Kräfte ausgeglichen, so daß es zu keinen Deformationen der Welle kommt, wodurch Erschütterungen entstehen und die Lager zusätzlich belastet werden könnten.

Zur Erfindung gehört ferner ein Verfahren zur geometrischen Herstellung der Profile der Rotoren, die über denselben Umfangsbogen miteinander verbunden sind, der seinerseits wiederum von weiteren zwei rechtwinkligen Umfangsbögen bestimmt wird, die willkürlich gewählt werden.

Anhand der beiliegenden Zeichnungen wird die Erfindung beispielsweise erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 bis 12: in grafischer Darstellung das der Erfindung zugrunde liegende Prinzip,
- Fig. 13: eine Anwendung des Prinzips von Fig.1 bis 12,
- Fig. 14: einen Kolbenrotor perspektivisch,
- Fig. 15: eine Dichtungsleiste des Kolbenrotors,
- Fig. 16: den Kolbenrotor mit Kanälen,
- Fig. 17: einen einfachen Ventilrotor,
- Fig. 18: einen Ventilrotor für den Einsatz in einer Brennkraftmaschine,
- Fig. 19: ein Bewegungsschaubild des Gleitflächenwechsels,
- Fig. 19a: ein zweites Bewegungsschaubild der Rotoren,
- Fig. 19b: ein drittes Bewegungsschaubild der Rotoren,
- Fig. 20: im Querschnitt den Verbrennungsraum,
- Fig. 21: eine Seitenansicht einer Ausführungsform der Maschine,
- Fig. 22: die Maschine von Fig. 21 schematisch von vorne,
- Fig. 22a: eine Seitenansicht der als Brennkraftmaschine ausgebildeten Maschine mit vollständiger Expansion,
- Fig. 23: den Motor von Fig. 22a auseinandergezogen,

- Fig. 24: einen Schnitt längs der Linie A-A des Motors von Fig. 22a,
- Fig. 25: einen Schnitt längs der Linie B-B des Motors von Fig. 22a,
- Fig. 26: einen Schnitt längs der Linie C-C des Motors von Fig. 22a,
- Fig. 27 - 41: die Arbeitsweise des Motors von Fig. 22a bis 26,
- Fig. 42: eine Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform eines als Brennkraftmaschine arbeitenden Motors, mit normaler Expansion,
- Fig. 43: einen Schnitt längs der Linie D-D von Fig. 42,
- Fig. 44: den Fünfstakt-Prozess des Motors im p,V -Diagramm bei normaler Expansion,
- Fig. 45: den Fünfstakt-Prozess des Motors im p,V -Diagramm bei vollständiger Expansion,
- Fig. 46: den Aufbau eines Motors ähnlich Fig. 22, jedoch mit Wärmezufuhr von außen,
- Fig. 47 - 56: die Arbeitsweise des Motors von Fig. 46,
- Fig. 57: ein p,V -Diagramm des Sechstakt-Prozesses des Motors von Fig. 46,
- Fig. 58: ein T,s -Diagramm (Temperatur-Entropie) des Sechstakt-Prozesses des Motors von Fig. 46,

- Fig. 59: schematisch einen Flüssigkeitsmotor,
- Fig. 59a: schematisch eine volumetrische Pumpe,
- Fig. 60: schematisch eine Pumpe mit gemischter Verdrängung,
- Fig. 60a-60f: die Arbeitsweise der Pumpe mit gemischter Verdrängung gemäß Fig. 60,
- Fig. 61: perspektivisch einen Flugzeugmotor in Form einer Brennkraftmaschine,
- Fig. 61a: den Kompressorteil des Flugzeugmotors von Fig. 61 im Schnitt,
- Fig. 61b: den Motorteil des Flugzeugmotors von Fig. 61 im Schnitt,
- Fig. 61c: den Expansionsteil des Flugzeugmotors von Fig. 61 im Schnitt,
- Fig. 62: schematisch den geometrischen Aufbau der linsenförmigen Profile und
- Fig. 62a: schematisch den geometrischen Aufbau der linsenförmigen Profile allgemein.

Sämtliche genannten und im Folgenden näher erläuterten Maschinen basieren im wesentlichen auf der praktischen Anwendung folgenden Prinzips:

"Dreht man zwei rechtwinklige Umfänge in gleicher Richtung und mit gleicher Winkelgeschwindigkeit, so beschreiben die

äußersten Punkte ihrer senkrechten Durchmesser abwechselnd vier Bögen, die zwei zueinander senkrechte linsenförmige Figuren bilden, welche sich gleichmäßig drehen und immer miteinander in Berührung sind."

Fig. 1 bis Fig. 12 zeigen den Prozess der Erzeugung der Linsen mit den gleichen Bewegungen. Dabei werden drei Parameter gegeben: der größere Radius " R ", der kleinere Radius " r " und der Abstand zwischen den Zentren " a ". Der Prozeß wickelt sich folgendermaßen ab:

Fig. 1: Es wird die Ausgangslage der beiden rechtwinkligen Umfänge auf einer Ebene gezeigt, wobei die senkrechten Durchmesser die Geraden 1-1' und 2-2' sind.

Fig. 2 und 3: Ein Punkt 1 des Umfanges I beschreibt einen Bogen auf dem Kreis II und bildet eine Kurve mit dem Radius " a ".

Fig. 4, 5 und 6: Ein Punkt 2' des Umfanges II beschreibt nun auf dem Kreis I einen weiteren Bogen mit dem Radius " a ".

Fig. 7, 8 und 9: Ein weiterer Punkt 1' des Umfanges I beschreibt nun einen weiteren Bogen mit dem Radius " a " auf dem Kreis II, so daß eine Linse zustandekommt.

Fig. 10, 11 und 12: Punkt 2 vom Umfang II vollendet nun mit einem weiteren Bogen mit Radius " a " die andere Linse auf dem Kreis I.

Fig. 13: Hier wird eine Erweiterung des Prinzips gezeigt, d.h. die Möglichkeit, die Kopplung verschiedener kleinerer Linsen auf eine größere zu wiederholen.

Fig. 21 und 22 zeigen den allgemeinen Aufbau der erfindungsgemäßen Maschine. Diese besteht aus einer Vorrichtung, die mit kompressiblen Fluiden zyklisch arbeitet und in der Lage ist, bestimmte Mengen dieses Fluids anzusaugen, zu verdichten und intern zu bewegen und ihnen Wärme zuzuführen bzw. zu entziehen und die außerdem diese Wärme ausdehnen und ausstoßen oder beliebig oft wieder zirkulieren lassen kann, so daß das Fluid thermodynamischen Prozessen ausgesetzt ist. Wenn diese Maschine mit einer nicht kompressiblen Flüssigkeit arbeitet, ist sie in der Lage, diese anzusaugen, ihren Druck zu erhöhen, sie erneut zirkulieren zu lassen und auszustoßen. In allen Fällen können bei dieser Maschine die Eintrittsöffnungen (nicht gezeigt) an der Peripherie angeordnet sein. Die Maschine kann ringförmige Eintrittsöffnungen aufweisen, die um die Welle 65 herum angeordnet sind, wenn der Rotor 70 durch den Ausstoßrotor 71 ersetzt wird, der in Fig. 16 zu sehen ist. Die (nicht dargestellten) Austrittsöffnungen können auch an der Peripherie angeordnet sein, wie später noch erläutert wird.

In Fig. 22 und den folgenden Bildern bezeichnet 88 einen Stator mit einer mittleren Aussparung, die durch die Schnittstelle verschiedener sorgfältig bearbeiteter zylindrischer Flächen 89 und ebener Seitenflächen 90 gebildet wird, an die die Seitenkörper 91 und 92, wie in Fig. 21 gezeigt, mit Hilfe von Stiften in den Bohrungen 93 angesetzt werden.

In Kontakt mit den zylindrischen Flächen 89 und den aufgeführten Abdeckungen 91 und 92 drehen sich zahlreiche linsenförmige Rotoren 70 und 72 auf den starren Achsen 65 und 73, die in der in Fig. 22 gezeigten Art verteilt sind. Diese Vielzahl von linsenförmigen Rotoren bilden die beweglichen Teile der Maschine und synchronisieren ihre Bewegungen mit Hilfe des Außengetriebes 94, Fig. 21, Fig. 26, so daß sie sich in derselben Richtung und

mit gleicher Winkelgeschwindigkeit drehen, und zwar in vollkommenem kinematischen Zusammenwirken, wie anhand von Fig. 1 bis 12 beschrieben. Die erwähnten Rotoren 70 und 72, die sich in derselben Richtung drehen, bewegen den Betriebsstoff in der von den Pfeilen angezeigten Richtung und transportieren ihn kontinuierlich von einer Kammer zur anderen, so daß die durch A, B, C, D, E, F, G und H dargestellten abgedichteten Volumina ihre Abmessungen verändern, während sie sich um den größeren Rotor 70 herum bewegen.

Ordnet man Eintritts- und Austrittsöffnungen beliebig an, so kann die Maschine eine Flüssigkeit zyklisch ansaugen, transportieren und ausstoßen.

Nachstehend wird jedes der Hauptbauteile dieser Maschine im einzelnen beschrieben. Der Rotor-Kolben 70 (Fig. 14) besteht aus einem einzigen Stück, das dynamisch ausgeglichen ist, einen linsenförmigen Querschnitt hat und sich aus zwei zylindrischen Flächen 71a zusammensetzt, die gemäß Fig. 1 bis 12 ausgebildet werden und untereinander parallele ebene Seiten haben. Dieser Rotor 70 hat an allen seinen Kanten Kanäle zur Aufnahme der Dichtleisten 66 und der Bogensegmente 68. Die Dichtleiste, die in Fig. 15 im Detail gezeigt ist, besteht aus zwei kegelförmigen Lamellen, die so angeordnet sind, daß sie eine Platte von ebenen Flächen mit oberem zylindrischen Reibungsrand bilden. Zwischen den Platten muß ein dünner Ölfilm schwimmen, der die relative Bewegung zwischen den Teilen erleichtert, die auf diese Weise auf drei Seiten eine Verschlusfunktion ausüben und gleichzeitig die Reibflächen schmieren.

Die Blattfeder 66' sorgt dafür, daß zwischen dem Verschluss und der Fläche 89 ein ausreichender Druck aufrechterhalten wird und ermöglicht eine relative Bewegung zur Rille 63. Das

von der gewählten Feder 67 vorgeschobene Bogensegment 68 (Fig. 14) reibt mit seiner ebenen Seite an den Innenseiten der Seitenabdeckungen 91 und 92 und seine gekrümmte Seite folgt dem Profil des Rotors 70. Daran reiben die Dichtleisten 79 der Ventil-Rotoren 72 während des Betriebes.

Über die ebenen Seiten des Rotor-Kolbens 70 greifen die Ringe 69 auf Federn am Grund der konzentrisch um die Welle 65 herum angeordneten Kanäle ein, wo die Energie eintritt bzw. austritt, die die Maschine empfängt oder abgibt. Alle Segmente 68, Ringe 69 und Dichtleisten 66 gehören zu dem Abdichtungssystem das erforderlich ist, um die variablen Räume, in denen der Betriebsstoff verabreitet wird, hermetisch abzudichten.

Die Variante des in Fig. 16 gezeigten Kolbenrotors 70 besteht aus einem antreibenden Kolben-Rotor 71 mit inneren Führungen 74 in Form von spiralförmigen Kästen oder symmetrischen Schneckengängen, die dem genannten Kolbenrotor eine zusätzliche Antriebsfunktion geben, wenn die Maschine als Verdrängungspumpe arbeitet. Diese Arbeitsweise wird später noch erläutert.

Der in Fig. 17 gezeigte Ventilrotor 72 besteht aus einem Stück, das zwei zylindrische Flächen 71-a-y hat und das seitlich durch zwei ebene Flächen abgeschlossen ist. Sämtliche Kanten weisen Rillen auf, die zur Aufnahme der Dichtleisten 79 mit den Federn 80 und den Bogensegmenten 77 mit den Federn 78 dienen.

Wenn dieser Ventilrotor im Verbrennungsraum arbeitet, wird er mit zwei zylindrischen Seitenscheiben 81 (Fig. 18) versehen. Diese Scheiben weisen an ihren Kanten Kanäle 85 auf, die halb-kreisförmige Segmente 84 von ähnlicher Ausführung und ähnlicher Arbeitsweise wie die Segmente 68 tragen. Auf die Seitenscheiben 81 werden die Ringe 82 gesetzt, die von den Federn vom Boden des Kanals 83 (Fig. 20) aus vorgeschoben werden. Der Ventilrotor 86 (Fig. 18 und 20) besteht aus einem einzigen Stück,

das dynamisch ausgeglichen ist und eine große Anzahl von Innenkanälen aufweist, nämlich axiale Kanäle 87a und radiale Kanäle 87b und 87c (Fig. 25), die einen Kühl- und Schmierölumlauf an den Ringen und Segmenten bewirken. Die auf geeigneten Lagern sitzende Welle 87 dient als Mittel zur Bewegungssynchronisierung mit dem Getriebe 94. Sowohl die Segmente 84 als auch die Ringe 82 reiben an den zylindrischen Flächen 105 in den Seitenabdeckungen 99 und 104, die Verlängerungen der Fläche 89 bilden, wie aus Fig. 23 ersichtlich ist.

Fig. 19 zeigt eine Schnittdarstellung des Verbrennungsraumes und läßt ein Bewegungsdetail des Wechsels der Gleitflächen zwischen den Dichtleisten der Rotore erkennen. Die Pfeile a, b, c und d zeigen, wie die gekrümmte Fläche des Kolbenrotors 70 gegen die Dichtleiste 79 drückt, wenn diese sich dem Scheitelpunkt K nähert, um die Gleitfläche zu wechseln. Von diesem Punkt an gleitet die Dichtleiste 66 über die gebogene Fläche des Ventilrotors. Diese Fläche schiebt dann die Dichtleiste 66, wie die Pfeile e und f zeigen, damit am Punkt K' der Flächenwechsel erfolgen kann.

Auf der Haube des Verbrennungsraumes ist im Querschnitt die Zündvorrichtung 103 zu sehen. Außerdem wird die Keramikapsel 103' gezeigt, die den Heizdraht 103'' umfaßt, welcher ein wenig zurückgebogen ist, um die Reibung der Dichtleiste 79 zu vermeiden. Dieser Heizfaden 103'' ist eine Elektrode, die ständig glüht und die vollständige Zündung des vom Ventilrotor daran vorbeigetriebenen Gemisches bewirken kann.

Fig. 20 zeigt einen Längsschnitt der Zündvorrichtung 103.

Fig. 19a zeigt eine Doppelinsenkombination, bei der jeder Rotor zwischen den Hauptachsen seiner ebenen Flächen eine bestimmte Winkelverschiebung aufweist, die eine Verwerfung der gekrümmten Ebenen bewirkt, so daß die Apikalkante bzw.

die Scheitellkanten zu den zylindrischen Flächen des Stators bzw. Gehäuses eine Neigung einnehmen.

Diese konstruktive Ausführung, bei der die Dichtleiste mit sehr dünnen Reibungslamellen vereinfacht werden, gibt den Rotoren eine spiralförmige Form und bringt eine wesentliche Verbesserung des Übergangs der Dichtleiste von den unbeweglichen Flächen des Stators zu den beweglichen Flächen der Rotoren sowie des Eintritts der Dichtleiste von den gekrümmten beweglichen Flächen der Rotoren aus in die unbeweglichen zylindrischen Flächen des Stators. Dieser Übergang erfolgt weich und geräuschlos und ohne die geringste Möglichkeit eines Auftretens von Stößen. Dadurch können die erfindungsgemäßen Maschinen-Drehzahlen von über 10 000 U/min. erreichen.

Das spiralförmige Rotorpaar arbeitet so, daß jeder parallel zu den Ebenenflächen liegende Teil an jeder Stelle stets zwei zueinander senkrechte linsenförmige Figuren bildet.

Fig. 19b zeigt drei Stellungen der zusammenwirkenden Rotoren. In Stellung A gleitet die Dichtleiste des größeren Rotors über die gekrümmte Fläche des kleineren Rotors. In Stellung B ist die gleichzeitige Bewegung der Dichtleisten beider Rotoren gezeigt, die erfolgt, wenn von einer Fläche auf die andere übergegangen wird. Die Dichtung des kleineren Rotors tritt in diesem Augenblick aus der zylindrischen Fläche des Stators heraus und stützt sich ebenfalls auf die gekrümmte Fläche des größeren Rotors, d.h. bewegt sich von der unbeweglichen Fläche zur beweglichen Fläche. Der größere Rotor dagegen bewegt sich von der beweglichen Fläche zur unbeweglichen. Die Zeichnung zeigt, wie er vorübergehend auf beiden Flächen aufliegt.

In Stellung D wird die Verschiebung der Dichtung des kleinen Rotors auf der gekrümmten Fläche des größeren Rotors an der Biegestelle gezeigt.

Läßt man bei der das Grundprinzip veranschaulichenden Maschine von Fig. 22 das untere Ventil 72 weg, so daß man zwei parallele Körper mit Kolbenrotoren auf ein und derselben Welle hat, und verteilt man die Eintritts- und Austrittsöffnungen entsprechend, so erhält man eine Brennkraftmaschine mit konstantem Volumen und doppelter Expansion sowie Nachverbrennung nach der ersten Expansion (Fig. 23).

Dieser Motor arbeitet praktisch ohne Absonderung von schädlichen Gasen. Dies wird dadurch erreicht, daß das Gemisch in einer Drehkammer mit konstantem Volumen vollständig verbrannt wird, und zwar mit einer Verbrennungszeit, die als Planungsparameter festgelegt werden kann. Die in dieser Kammer erreichten Druckwerte können sehr hoch und in der Lage sein, die Auswirkungen der Trennung der verbrennungsbedingten Komponenten CO_2 und H_2O zu verringern. Dadurch, daß ein Teil der Gase der ersten Expansion automatisch wieder zu der genannten Kammer zurückströmt, vermindert sich die Verbrennungstemperatur und entsteht weniger Stickstoffoxyd.

Außerdem besitzt dieser Motor eine weitere Niedertemperatur-Verbrennungskammer, die nach dem Prinzip der Thermoreaktion arbeitet und ohne Zufuhr von NO_x irgendwelche Rückstände eliminiert.

Eine der Eigenschaften des Motors ist seine geometrische Auslegung, derzufolge sich bei Verdoppelung des Stator-Durchmessers die Leistung vervierfacht. Die Ausnutzung der verfügbaren Energie durch Erzielung einer vollständigen Expansion und Fortfall des Schalldämpfers wurde bisher noch von keinem Wärmemotor

erreicht. Außerdem sammeln sich im Inneren dieses Motors kein Kohlenstaub und keine sonstigen Rückstände an und der Motor arbeitet theoretisch geräuschlos mit jedem beliebigen Treibstoff, wobei Erscheinungen, wie Selbstzündung und detonierende Verbrennung ausgeschlossen sind.

Fig. 22a zeigt eine Seitenansicht dieses Motors. Dabei sind die gekapselte Ausführung seiner Hauptteile und die Schnitte A-A, B-B, C-C zu sehen, die später noch eingehend erläutert werden. Fig. 23 gibt eine schematische Darstellung der Hauptteile ausschließlich der Welle 65 und der Kühlvorrichtungen.

Das Teil 91a bildet eine Abdeckung mit inneren Führungen (nicht dargestellt) für den Umlauf der Kühl- und Schmiermittel sowie mit geeigneten Aussparungen zur Aufnahme der Lager der Welle und mit einem vorderen Auslaß in Form einer gebogenen Führung 97 zur Aufnahme des Lüfters 95, der die Abgase hinausdrückt. Das Zwischenteil 99 besteht aus einem Trennraum mit parallelen ebenen Flächen und Reibungsspuren 90a auf beiden Seiten. Dieser Trennraum enthält außer dem Schmiersystem, dem Kühlsystem und den Achsenlagern einen Luftübertragungstunnel, dessen Eintritt 101 die Luft aus der Eintrittskammer des Hilfskolbenrotors 70a zur Verdichtungskammer des Kolbenrotors 70 gelangen läßt. Unter dem Eintritt 101 befindet sich der Austritt 100 des adiabaten Tunnels, durch den die Gase von der Vorexpanionskammer zur Nachexpansionskammer unter dem Kolbenrotor 70a strömen.

Die Schnittdarstellung A-A (Fig. 24) zeigt in schematischer Form die Anordnung der bereits erläuterten beweglichen Teile sowie die Eintrittsöffnung 98 und die seitliche Öffnung 107, durch die die Kühlfrischluft für den Rotor 70a einströmet, die anschließend über die Öffnung 107' wieder austritt. Das

Ablaßventil 104 wird durch elektrische Impulse so eingestellt, daß es in bestimmten zeitlichen Abständen betätigt wird. Dieses Ventil hat die Aufgabe, die zur Verbrennungskammer und zur Nachverbrennungskammer zurückzuleitende Luft- oder Gasmenge zu regulieren.

Fig. 25 zeigt im Schnitt B-B, mit einer ähnlichen Anordnung wie beim Schnitt A-A die auf der Verbrennungskammer verteilten Einspritzmittel 102 und Zündmittel 103. Außerdem wird in Fig. 25 der Verbrennungsventil-Rotor 86 gezeigt, wobei die axialen Kühl- und Schmiertunnels 87a mit den radialen Führungen 87c für die Schmierung der Dichtleiste 79 zu sehen sind. Die periphere Führung 106 zeigt das axiale Umlauf-Kühlsystem. Das Synchronisationssystem 94 ist in Fig. 26 schematisch dargestellt.

Die Arbeitsweise des vorstehend beschriebenen Motors wird in Folgendem anhand der Fig. 27 bis 41 erläutert.

Zunächst beginnt der Hilfs-Kolbenrotor 70a den inneren Unterdruck zu erzeugen, der die Luft über die Öffnung 98 einströmen läßt (Fig. 27).

Die Füllung der ersten Eintrittskammer geht weiter, während die Öffnung 98 allmählich vom Einlaßventil 72a geschlossen wird (Fig. 28).

Das Durchlaßventil 72b öffnet den Eintritt des Übertragungstunnels 101, über den Luft zur Kompressionskammer des Kolbenrotors 70 strömt (Fig. 29).

Das Einlaßventil 72a hat die Öffnung 98 geschlossen. Dadurch ist der erste Takt, nämlich die Zuführung, beendet. In diesem Zeit-

intervall tritt die Kühlluft über die seitliche Öffnung 107 ein und über die Öffnung 107' aus (Fig. 30).

Der Hilfskolbenrotor hat die Übertragung der Luft nahezu beendet, während der Kolbenrotor 70 mit der Verdichtung im Körper 88b beginnt (Fig. 31).

Der Pfeil kennzeichnet den Teil der eingelassenen Luft, der über das Durchlaßventil 72b wieder zur Thermoreaktionskammer für die Nachverbrennung des vorherigen Zyklus zurückströmt (Fig. 32).

Der Kolbenrotor 70 beendet nun den zweiten Takt, die Verdichtung (Fig. 33).

Fig. 34 zeigt einen Augenblick des Verbrennungsprozesses, der sich ohne Volumenänderung vollzieht, wobei das Zündgemisch vor dem Glühdraht der Zündvorrichtung 103 vorbeistreicht. Dies ist ein Teil des dritten Taktes, der Verbrennung.

Jetzt beginnt die auf den Kolbenrotor 70 wirkende Expansion (Fig. 35).

Die Expansion erfaßt den gesamten Kolbenrotor 70 (Fig. 36) und wirkt auch auf das Durchlaßventil 72e, bevor dieses den adiabatischen Tunnel öffnet, dessen Eintrittsöffnung in Fig. 37 gezeigt ist.

Durch den adiabatischen Tunnel der im Teil 88b gestrichelt eingezeichnet ist, treten die heißen Gase ein und wandern über die Öffnung 100 zur Nachverbrennungskammer des Teils 97 (Fig. 37).

Die Nachverbrennung erfolgt sofort beim raschen Eintreten des heißen Gasstromes mittels einer suarestoffangereicherten Luftmasse (Fig. 38).

Die Expansion wirkt weiter auf den Rotorkolben 70a, während durch den Kolbenrotor 70 ausgestoßenes heißes Gas vom Teil 88b weiterströmt (Fig. 39).

In der in Fig. 40 gezeigten Phase hat die Expansion bereits aufgehört und im Teil 88b hält das Ventil 72e den letzten Teil der Gase der ersten Expansion fest, die bereits begonnen haben, sich abzukühlen. Dieser Teil der Gase dehnt sich unter dem Kolbenrotor 70 aus und kühlt dabei rasch ab, so daß es als Kühlmittel für den Rotor dient. Anschließend wird es verdichtet und hinter das Ventil 72d geführt, um dann zur Verbrennungskammer zurückzuströmen, wo es als Sauerstoffreduktor zum Absenken der Verbrennungstemperatur wirkt. Diese Phase stellt das Ende des vierten Taktes, der Expansion, dar.

Der Hilfskolbenrotor 70a führt nun die Abfallprodukte nach außen ab (der Ventilator 95 ist nicht dargestellt) und beendet damit den fünften Takt, nämlich den Auspuff (Fig. 41).

Ausgehend von dieser Maschine erhält man mit der in Fig. 42 und 43 gezeigten Anordnung einen stark vereinfachten Motor mit innerer Verbrennung und konstantem Volumen, der im wesentlichen aus einem Stator bzw. Block 88c besteht, welcher beiderseits durch die Teile 91c und 92c, die als Reibungsfläche für die Dichtleisten 66 und 79 sowie für die Segmente 68 und 77 und für die Ringe 69 zur Abdichtung der Verdichtungskammer A, der Verbrennungskammer B und der Expansionskammer C dienen, abgeschlossen wird.

Die Arbeitsweise dieses vereinfachten Motors mit normaler Expansion entspricht der des vorher beschriebenen Motors mit vollständiger Expansion. Hier saugt der Kolbenrotor 70 über den Eintritt 109 eine Luftmasse an, beginnt mit deren Verdichtung

in der Kammer A und beendet die Verdichtung in der Kammer B, wo mit Hilfe der Zündvorrichtung 103 die Verbrennung eingeleitet wird, die den Druck der Gase erhöht und die Drehbewegung des Kolbenrotors 70 bewirkt. Nach Beendigung der Expansion drängt dieser die Gase zum Ausgang 110.

Fig. 44 und 45 zeigen in Diagrammen die 5-Takt-Zyklen bei einem koordinierten Druck-Volumen-System für die obenbeschriebenen Motoren mit normaler und vollständiger Expansion.

Fig. 46 zeigt in vereinfachter schematischer Darstellung eine Variante für den Betrieb als Motor mit äußerem Verbrennungsraum bzw. als Kraftmaschine mit Wärmezufuhr von außen. Hier tritt ein durch irgendein Medium (Sonnenenergieofen, ein beliebiger Brenner oder ein Atomreaktor) erhitztes Gas gleichzeitig durch die beiden symmetrisch am Stator 88d angebrachten Eintrittsöffnungen 111 ein. Das Gas bewegt sich in den Wärmeaustauschkammern Q, zirkuliert durch den Tunnel 112 und tritt nach erfolgter Wärmeübertragung durch die Austrittsöffnungen 113 wieder aus. Die zunächst durch irgendeine mit der Austrittsöffnung gekoppelte Vorrichtung bewegten Rotoren werden dann durch die aufeinanderfolgenden Expansionen des unter Hochdruck stehenden dicht eingeschlossenen inneren Gases in Drehung versetzt. Die Abkühlung des inneren Gases erfolgt in den Gegenkammern P, die die Wärme durch Übertragung in die Kühlflüssigkeit abführen, die durch die Tunnels 115 vom Eintritt 114 bis zum Austritt 116 zirkuliert. Zum besseren Verständnis des thermodynamischen Vorganges, der sich in dem inneren Gas (Helium oder Wasserstoff) vollzieht, wird die Arbeitsweise anhand von Fig. 47 bis 56 erläutert.

Fig. 47 zeigt schematisch den Anfangszeitpunkt, zu dem das stark komprimierte innere Gas sich in sämtlichen Kammern unter

dem gleichen Druck befindet.

Nun beginnt die Wärmezufuhr (Fig. 48). Wenn das in der Austauschammer Q enthaltene Gas die erforderliche Temperatur erreicht hat, wird die Anlaßvorrichtung betätigt. Es beginnt die Expansion mit einer Bewegung im System bis dieses schnell das Vielfache der gleichmäßigen Drücke und Geschwindigkeiten in den verschiedenen Kammern erreicht.

Wie Fig. 49 zeigt, beginnt das Gas sich nun bei der maximalen Betriebstemperatur zu expandieren und auf den Kolbenrotor 70 unter Erzeugung von Arbeit einzuwirken. Man beachte die Gleichzeitigkeit des Vorganges in den entgegengesetzten Kammern.

Das Drehmoment wird durch die Einwirkung der Kräfte erzeugt, die infolge der gleichzeitigen Expansion entstehen (Fig. 50).

Die Ausdehnung wird vervollständigt und es beginnt die Kompression zu den entgegengesetzten Kammern P hin (Fig. 51).

Fig. 52 zeigt, daß das Gas in dem Maße, wie es sich abkühlt, zur Wärmeabfuhrkammer P hin gedrückt wird.

In der Wärmeabfuhrkammer P verdichtet es sich unter starker Abkühlung vollständig und seine Temperatur sinkt weiter (Fig. 53).

Der Abkühlprozess erfolgt bei konstantem Volumen, während die Temperatur des Gases weiterhin sinkt (Fig. 54).

Es erfolgt nun ein Vorgang (Fig. 55), bei dem sich das Gas ausdehnt und Arbeit liefert, während seine Temperatur noch weiter absinkt.

Das fast vollständig expandierte Gas, das nun seine niedrigste Temperatur erreicht hat, beginnt jetzt bereits in der Kammer Q Wärme aufzunehmen und wird für die Verdichtung durch Aufnahme von Wärme zur Wiederholung des Zyklus vorbereitet (Fig. 56).

Dieser gesamte Prozess ist in dem p,V-Diagramm von Fig. 57 dargestellt. Die quadratische Fläche stellt die beim Prozess abgegebene Arbeit und die gestrichelte Fläche die aufgenommene Arbeit dar. Die Flächen stellen dabei die Arbeit in mkp dar.

Fig. 58 zeigt den Prozess im Temperatur-Entropie-Diagramm. Die Arbeit ist in Kalorien angegeben. Auch hier stellt die quadratische Fläche die vom Prozess abgegebene Leistung und die gestrichelte Fläche die aufgenommene Leistung dar.

Die Takte des Prozesses sind:

- 1 - 2 Wärmezufuhr bei konstantem Volumen
- 2 - 3 Adiabate Expansion
- 3 - 4 Verdichtung bei konstantem Druck
- 4 - 5 Wärmeabgabe bei konstantem Volumen
- 5 - 6 Adiabate Expansion
- 6 - 1 Verdichtung mit Wärmezufuhr.

Die vorstehende Beschreibung bezieht sich auf Motoren mit innerem und äußerem Verbrennungsraum. Der Anwendungsbereich der Erfindung erstreckt sich jedoch bei den Fortbewegungsmaschinen auch auf Dampf- und Druckluftbetriebene Expansionsmotoren einschließlich hydraulischer Motoren. Fig. 59 zeigt in schematischer Darstellung einen Flüssigkeitsmotor, der eine Modifizierung der Maschine gemäß Fig. 22 bis 25 ist.

Der in Fig. 59 gezeigte Flüssigkeitsmotor bzw. die Expansionsmaschine umfaßt die bereits ausführlich beschriebenen beweglichen Teile sowie den Stator und die Abdeckungen, die hier jedoch so eingesetzt werden, daß die symmetrisch einander gegenüberliegenden Kammern F bestimmte Mengen der Motorflüssigkeit bei einem bestimmten Druck über die Eintrittsöffnungen 117 zu dem Zeitpunkt aufnehmen, zu dem diese Kammern ihr Volumen konstant halten. Ist die Maschine nicht in Bewegung, so bewirkt eine leichte Winkelverschiebung, daß die Motorflüssigkeit auf den Kolbenrotor 70 einwirkt und ihn zum Drehen bringt. Nachdem die Flüssigkeit ihre Energie abgegeben hat, tritt sie über die Öffnungen 118 wieder aus. Die Beanspruchung der Welle der Maschine wird durch die Wirkung der gegenüberliegenden Kammern H kompensiert.

Fig. 59a zeigt in vereinfachter schematischer Darstellung die Maschine in einer Modifizierung als Zwangsverdrängungspumpe. Diese Version eignet sich für verschiedene Verwendungszwecke, z.B. als Kompressor, Vakuumpumpe, Gebläse sowie Flüssigkeits- und Halbflüssigkeitspumpe.

Die in Fig. 59a gezeigte Pumpe besteht aus einem Stator 88f mit Kühlrippen (für Kompressoren und Vakuumpumpen) und mit den Einlaßöffnungen 119 und Auslaßöffnungen 120 für den Eintritt und Austritt der zu fördernden Flüssigkeiten. Die symmetrischen Kammern G bewirken stets den Rückfluß eines Teils des Fördermediums (weiße Pfeile), so wie es bei hin- und hergehenden Maschinen mit Totraumvolumen der Fall ist.

Die Arbeitsweise der Pumpe ist einfach. Es wird dabei der einseitig gerichtete dynamische Effekt (in der Zeichnung durch schwarze Pfeile dargestellt) der Flüssigkeit während des Eintritts ausgenutzt, der mit der vom Kolbenrotor 70 erzeugten Antriebswirkung summiert wird. Die Maschine hat

eine Doppelwirkung, wobei gleiche diametrale Kräfte auf die Welle 65 wirken.

Fig. 60 zeigt eine Variante der vogenannten Pumpe, wobei der Kolbenrotor 70 durch den Antriebskolbenrotor 71 ersetzt ist, der einen ringförmigen Ansaugteil 121 besitzt, welcher mit den inneren Kammern der Pumpe über die spiralförmigen Tunnels 74 in Verbindung steht.

Die Pumpe arbeitet folgendermaßen: Beim Drehen des Antriebskolbenrotors 71 entsteht in der ringförmigen Ansaugöffnung 121 ein Vakuum, also ein Unterdruck. Die Flüssigkeit tritt infolge dieses Druckunterschiedes axial ein und wird dann beim Durchfließen der Spiralen 74 radial abgelenkt.

Fig. 60a bis 60f erläutern die doppelte Funktion des Antriebskolbenrotors. Fig. 60a zeigt einen Zustand, in dem sich das Pumpengehäuse infolge des drehdynamischen Effektes des Antriebskolbenrotors 71 zu füllen beginnt. Dadurch, daß der Antriebskolbenrotor mit seinem raschen Drehen ein Vakuum erzeugt, saugt er die Flüssigkeit an und bewegt sie über die Spirale 74, wobei er den Flüssigkeitsteilchen eine solche Beschleunigung erteilt, daß diese die Geschwindigkeit des Rotors annehmen und sich parallel zu ihm in der in Fig. 60b gezeigten Drehrichtung bewegen. Die angesaugte Flüssigkeit wandelt am Ausgang der Spirale ihre Geschwindigkeit in Druck um. Fig. 60c zeigt das Ausstoßen der Flüssigkeit durch die symmetrischen Öffnungen 120. Fig. 60d, 60e und 60f zeigen den Kolbenrotor 71, wie er den Druck der Flüssigkeit lediglich aufgrund des volumetrischen Effektes erhöht.

Bei dieser Pumpe kommt zu dieser doppelten Wirkung auch noch das System der kompensierten Beanspruchung hinzu, das sich aus der doppelten Symmetrie ergibt und das außerdem eine praktisch konstante Entlastung bewirkt.

Dieses Arbeitsprinzip, das darauf beruht, daß Teile verwendet werden, die mit sehr hoher Drehzahl eine reine Drehbewegung ausführen und so ausgeführt sind, daß sie eine unendliche Anzahl von Druckverhältnissen schaffen können und außerdem in der Lage sind, mit einer derartigen Kompensation und Abgleichung zu arbeiten, daß der Hauptrotor sich wie ein Schwungrad verhält, macht die Vorrichtung auch für die Erzeugung von sehr hohen Drücken geeignet.

Die in Fig. 61 gezeigte Ausführungsform der Maschine ist ein luftgekühlter Motor mit doppelter Wirkung, der sich infolge seines Aufbaues zum Einbau in die Tragfläche von Flugzeugen eignet.

Wie Fig. 61 zeigt, besteht dieser Motor aus drei Teilen bzw. Statoren 88h, 88j und 88k von verschiedener Stärke, die durch die Trennwände 127 und 129 voneinander getrennt sind. Das Ganze wird vorne durch den Kegelnkörper 91h mit der ringförmigen Eintrittsöffnung 124 und dem Propellerträger 123 abgeschlossen. Den hinteren Abschluß bildet die Abdeckung 92h.

Der erste Stator 88h, der als Kompressor arbeitet, hat in seinem Inneren den Antriebskolbenrotor 71 (Fig. 61a) mit axialer Ansaugung 121 der von der ringförmigen Eintrittsöffnung 124 her kommenden Luft. Dieser Antriebskolbenrotor 71 verdichtet im Zusammenwirken mit den Ventilrotoren 72 die angesaugte Luft, die über die Eintrittsöffnungen 101 zu den Kammern A des Verbrennungsstators 88j (Fig. 61b) strömt. Der Kolbenrotor 70 führt die Charge in die symmetrischen Verbrennungskammern B ein. Nach der Verbrennung erfolgt eine erste auf den Kolbenrotor 70 wirkende Expansion. Die Gase treten durch die Öffnungen 100a aus, durchqueren die Trennwand 129 und gelangen zum Teil 88k, wo sie auf den Expansions-Kolbenrotor 70a in den Kammern L (Fig. 61c) wirken und an-

schließlich über die Austrittsleitungen 132 ausgestoßen werden. Sämtliche erwähnte Rotoren (70, 70a und 71) sind auf ein und derselben Welle 65 (Fig. 61) montiert und teilen die Kraft über die in der Zeichnung sichtbare Umsetzung der Schraube 122 mit.

Da das Verdichtungsverhältnis in Abhängigkeit von den Drehzahlen des Motors und von der Geschwindigkeit des Flugzeuges veränderlich ist, variiert die von den Einspritzdüsen 102 (Fig. 61b) zugeführte Treibstoffmenge je nach den Leistungserfordernissen für den wirtschaftlichsten Flugzustand.

Die Gase dehnen sich gleichzeitig in den diametral einander gegenüberliegenden Kammern C aus und erzeugen ein starkes Drehmoment am Kolbenrotor 70; es werden dabei nicht nur seitliche Kräfteeinwirkungen auf die Lager vermieden, sondern es wird auch die Luft in den gegenüberliegenden Kammern C komprimiert, so daß über die Welle nur die tatsächliche Ausgangsleistung wirkt.

Die durch Expandieren auf den Kolbenrotor 70a wirkenden Gase haben eine ähnliche Wirkung und erzeugen ein weiteres starkes Drehmoment an der Motorwelle, das infolge seiner Gleichzeitigkeit sich zu dem vorgenannten Drehmoment auf den Kolbenrotor 70 summiert.

Sämtliche Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Maschine sind auf der Basis des in den Fig. 62 und 62a gezeigten geometrischen Schemas gebaut. Ausgehend von zwei Parametern, nämlich dem kleineren Radius r und dem größeren Radius R zweier rechteckiger Flächen erhält man die Beziehung zwischen den Rotoren 70 und 72 zusammen mit den Innenflächen 89 der verschiedenen verwendeten Statoren.

Fig. 62 zeigt den auf diesem Prinzip basierenden geometrischen Grundaufbau, bei welchem zwei beliebige Flächen mit dem Radius r und R und den Mittelpunkten O_1 bzw. O_2 ausgewählt werden, wobei der Abstand zwischen den Mittelpunkten a dann nach dem Satz von Pythagoras ermittelt wird.

Mit dem Mittelpunkt in O_1 wird der Umfang in Teilen mit dem Radius R und mit dem Mittelpunkt in O_2 der Umfang mit dem Radius r gezeichnet. Der Schnittpunkt beider Flächen O_3 dient als Mittelpunkt für einen Bogen mit dem Radius a innerhalb der ursprünglichen Flächen.

Anschließend werden dann die O_3 diametral gegenüberliegenden Punkte auf jeder Fläche O_3 und O_3'' als Mittelpunkte für zwei Bögen mit dem Radius a verwendet, die die beiden Linsen vervollständigen.

Der geometrische Aufbau der kombinierten Linsen läßt sich auf weitere Linsen verallgemeinern, wie Fig. 62a zeigt, wobei lediglich der Abstand zwischen den Mittelpunkten a eingehalten werden muß, der jetzt von Punkt O_2 bis zu Punkt O_1' geht. Auf dem parallel zu $O_3 - O_3''$ liegenden Durchmesser $O_4 - O_4'$ werden die Bögen mit dem Radius a gezeichnet, die die neue Linse bilden. Auf diese Weise kann man so viele kleinere Linsen schaffen, wie physikalisch entsprechend dem Verhältnis zwischen r und R möglich ist.

Patentansprüche:

1.) Maschine mit linsenförmigen Drehkolben- und -ventilen zur Anwendung bei Motoren mit innerem und äußeren Verbrennungsraum, Expansionsmaschinen oder Pumpen mit einem mittleren Stator und zwei Seitenkörpern als Abdeckungen, wobei im Inneren des vorgenannten Stators eine große Anzahl von Drehelementen angeordnet ist, die auf unbeweglichen parallelen Achsen drehbar gelagert sind, sich die Lager in den erwähnten Abdeckungen befinden und die parallelen Achsen durch eine Synchronisiereinrichtung synchronisiert sind, welche ihre Drehbewegungen in ein und derselben Richtung und bei gleicher Winkelgeschwindigkeit synchronisiert, dadurch gekennzeichnet, daß der zentrale Stator (88) innen auf seiner gesamten Stärke eine mittlere zylindrische Aussparung (90) hat, die koaxial von verschiedenen kleineren auf die Peripherie verteilten im gleichen Abstand voneinander befindlichen zylindrischen Flächen (89) durchschnitten wird, daß innerhalb der mittleren zylindrischen Fläche (90) sich ein Kolbenrotor (70) von linsenförmigem Querschnitt dreht, der mit seinen Scheitelpunkten diese zentrale Fläche (90) berührt, daß der Kolbenrotor (70) von mehreren Ventilrotoren (72) umgeben ist, die ebenfalls linsenförmigen Querschnitt haben und die sich drehen und dabei die vorerwähnten kleineren zylindrischen Flächen (89) berühren, daß alle Rotoren (70, 72) an sämtlichen Kanten Abdichtungselemente (66, 68; 77, 79) haben und infolge des Profils ihrer linsenförmigen Flächen, die durch einen einzigen Umfangsradius gebildet werden, den Kontakt und die gegenseitige Gleitbewegung zwischen ihren Scheitelpunkten und

Krümmungen aufrechterhalten, so daß sie gegeneinander abgedichtete Arbeitskammern von veränderlichem Volumen bilden, wobei damit die Maschine als Verbrennungsmotor, Pumpe oder Expansionsmaschine arbeiten kann, Ein- und Austrittsöffnungen, eine Treibstoffeinspritzung, Zündung und Kühlsysteme entsprechend angeordnet werden.

- 2.) Maschine nach Anspruch 1 für den Einsatz als Brennkraftmaschine mit doppelter Expansion und Nachverbrennung, aufgebaut aus 5 ebenen Teilen verschiedener Stärke, die organisch über Tunnels und verschiedene Leitungen miteinander verbunden sind, wobei durch diese Teile eine Welle geht, an die die Hauptdrehkolben angekoppelt werden und die das Getriebe bewegt, das die Arbeitsweise sämtlicher beweglicher Teile des Motors vereinheitlicht, so daß sie sich in ein und derselben Richtung und mit derselben Winkelgeschwindigkeit drehen, dadurch gekennzeichnet, daß der erste ebene Teil (91a) eine Reibungsfläche, Aussparungen zur Aufnahme von Lagern, Schmier- und Kühlmitteln und einen vorderen Auslaß enthält, an den ein gebogenes Rohr (97) angeschlossen ist, über das die Abgase entweichen, daß der zweite Teil ein ebener Stator (88a) mit peripheren Lufteintrittsöffnungen (107) und Schmier- und Kühlleitungen ist, in dessen Inneren sich eine mittlere Aussparung (89) in der gesamten Stärke befindet, die durch vier einander schneidende zylindrische Flächen gebildet wird, in denen drei Ventilrotoren (72a, 72b, 72c) mit Abdichtungselementen (77, 79) an sämtlichen Kanten sich um einen Hilfskolbenrotor (70a) drehen, dessen Kanten (66, 68) ebenfalls alle abgedichtet sind, so daß sich hermetisch abgeschlossene Kammern mit Hilfe des dritten Teils (99) bilden, der aus einer Trennwand mit einer Anzahl von inneren Leitern und Vertiefungen zur Aufnahme von Lagern und Drehelementen be-

steht und durch zwei ebene Seiten, die als Reibungsflächen dienen, abgeschlossen ist, daß der vierte Teil ein ebener Stator (88b) ist, der mit zusätzlichen Kraftstoffeinspritzvorrichtungen (102), Zündvorrichtungen (103) und Auslaßvorrichtungen ausgestattet ist, und der eine innere Aussparung hat, die durch vier sich schneidende zylindrische Flächen gebildet wird, in denen drei Ventilrotoren (72d, 72, 72f) sich um einen Haupt-Kolbenrotor (70) drehen, daß die vier Rotoren Abdichtungselemente (66, 88; 77, 79) an allen ihren Kanten haben, so daß hermetisch abgeschlossene Kammern (A bis H) gebildet werden und daß den Abschluß des Motors eine Abdeckung (92a) bildet, in der sich Vertiefungen und innere Aussparungen sowie verschiedene Schmier- und Kühlleitungen befinden.

- 3.) Maschine nach Anspruch 1 oder 2, mit drei durch Tunnels und verschiedene Leitungen organisch miteinander verbundenen Körpern, durch die axial eine Welle geführt ist, die auf den seitlichen Abdeckungen gelagert ist und mit der ein Haupt-Drehelement und die Synchronisiereinrichtung verbunden ist, die die Drehbewegung sämtlicher beweglicher Teile vereinheitlicht, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator (88c) mit zusätzlichen Einspritz- und Zündvorrichtungen (102, 103), eine allgemeine Öffnung für den Eintritt der Luft (109) und den Austritt der Abgase und in seinem Inneren eine Aussparung (89) hat, die durch zwei zylindrische Flächen gleichen Durchmessers gebildet werden, welche sich gegenseitig schneiden und coaxial zu einer weiteren mittleren zylindrischen Fläche angeordnet sind und in denen sich zwei Ventilrotoren (72) drehen, die mit dem Hauptkolbenrotor (70) so in Verbindung sind, daß sie mit Hilfe der Abdichtungselemente (66, 68; 77, 79) die sich bei den erwähnten Rotoren an sämtlichen Kanten befinden, hermetische Kammern von veränderlichem Volumen bilden.

- 4.) Maschine nach Anspruch 1, für den Betrieb als Flugmotor mit innerem Verbrennungsraum sowie doppelter Wirkung und doppelter Expansion, bestehend aus mindestens sieben ebenen Körpern, die organisch miteinander verbunden und so angeordnet sind, daß drei Statoren verschiedener Stärke von zwei Körpern getrennt werden, die Trennwände bilden, wobei das Ganze mit einer die Luftschraube tragenden vorderen Abdeckung und einer hinteren Abdeckung abgeschlossen ist, wo sich die Synchronisiereinrichtung befindet und die Bewegung von der Welle erteilt wird, die die sieben Körper durchquert, so daß sämtliche beweglichen Teile der Maschine eine gleiche Drehbewegung ausführen, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Stator (88h) ein ebener Körper mit Kühlrippen an seiner gesamten Peripherie und einer inneren Aussparung ist, die durch drei sich schneidende zylindrische Flächen gebildet wird, welche axial angeordnet sind, so daß darin die Ventilrotoren (72) um einen zentralen Kolbenrotor (71) herum und in Berührung mit diesem sich drehen, daß der Kolbenrotor (71) ein Antriebsrotor mit einer um die Achse herum angeordneten ringförmigen Ansaugöffnung (121) ist, die ein dauerndes Ansaugen von Luft ermöglicht, daß der mittlere Stator (88) mit wärmeableitenden Kühlrippen an seiner Peripherie sowie mit Einspritz- und Zündvorrichtungen versehen ist und in seinem Inneren eine Aussparung hat, die durch fünf einander schneidende parallele zylindrische Flächen gebildet wird, in denen vier Ventilrotoren (72) sich um einen Hauptkolbenrotor (70) herum und in Kontakt mit diesem drehen und daß der dritte Stator (88k) Kühlrippen, zwei an der Peripherie angeordnete Austrittsöffnungen, (132) hat und in seinem Inneren eine Aussparung hat, sie durch drei einander schneidende parallele zylindrische Flächen gebildet wird, in denen sich zwei Ventilrotoren (72) um einen zentralen Kolbenrotor (70a) herum und in Kontakt

mit diesem drehen, wobei alle Rotoren an ihren Kanten Abdichtungselemente (66, 68; 77, 79) aufweisen.

- 5.) Maschine nach Anspruch 1, für den Betrieb als Kraftmaschine mit Wärmezufuhr von außen mit im wesentlichen drei organisch durch Tunnels und periphere Leitungen miteinander verbundenen Teilen, wobei der Hauptkörper ein Stator mit einer mittleren Aussparung ist, die durch zwei seitliche Abdeckungen hermetisch verschlossen ist, an denen Lager und verschiedene Hilfsleitungen untergebracht werden können, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Aussparung des Stators (88d) von fünf zylindrischen Flächen gebildet ist, die sich so schneiden, daß eine mittlere zylindrische Fläche von größerem Durchmesser von vier kleineren in gleichem Abstand voneinander befindlichen Flächen umgeben ist, in denen sich vier Ventilrotoren (72) bewegen, die auf den sie umgebenden Flächen gleiten und außerdem mit einem innerhalb der mittleren zylindrischen Flächen sich drehenden Kolbenrotor (70) und mit den genannten Flächen in Berührung stehen, daß die fünf Rotoren durch zylindrische Flächen von ein und demselben Radius gebildet werden, und an allen ihren Kanten Abdichtungselemente haben, so daß sie beim Drehen mit Hilfe der Innenwände des Stators (88d) sechs dichte Kammern von variablem Volumen bilden, die sich während sich die erwähnten Rotoren (70, 72) mit gleicher Bewegung in ein und derselben Richtung drehen, dauernd um den Kolbenrotor (70) herum bewegen und auf das in diesen Kammern hermetisch eingeschlossene Gas einwirken und daß der Stator (88d) eine Anzahl Eintritts- und Austrittsleitungen (111, 113) aufweist, durch die dauernd die von irgendeinem äußeren Medium und der Kühlflüssigkeit erzeugte Wärme zirkuliert.

- 6.) Maschine nach Anspruch 1, für den Betrieb als Expansionsmotor, bestehend aus drei geschlossenen Teilen, von denen zwei seitliche Abdeckungen bilden, an denen Lager und verschiedene Schmierleitungen untergebracht werden können, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator (88e) an seiner Peripherie verschiedene Ein- und Austrittsöffnungen (117, 118) für Strömungsmittel hat, die mit einer inneren Aussparung (89) in Verbindung stehen, welche von zwei sich schneidenden zylindrischen Flächen gleichen Durchmessers gebildet wird, die symmetrisch um eine dritte mittlere zylindrische Fläche herum angeordnet sind, welche im allgemeinen einen größeren Durchmesser hat, daß innerhalb der drei erwähnten parallelen zylindrischen Flächen sich drei Rotoren (70, 72) von linsenförmigem Querschnitt befinden, deren Form durch einen einzigen Kreisumfang gebildet wird und daß die Rotoren (70, 72) mit Abdichtungselementen (66, 68; 77, 79) an sämtlichen Kanten versehen sind und bei ihrer Drehung auf geradlinigen Achsen hermetisch geschlossene Räume von veränderlichem Volumen bilden, in denen sich das Strömungsmittel ausdehnt.
- 7.) Maschine nach Anspruch 1, für den Betrieb als positive Verdrängungspumpe, bestehend aus drei geschlossenen Körpern, wobei der Hauptkörper ein Stator ist und Ansaug- sowie Austrittsleitungen aufweist, die zweckmäßig angeordnet sind und in Verbindung mit einer inneren Aussparung stehen, welche sich über die gesamte Breite der Längsachse erstreckt, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Aussparung von zwei sich schneidenden zylindrischen Flächen gleichen Durchmessers gebildet wird, die symmetrisch um eine mittlere zylindrische Fläche herum angeordnet sind, welche im allgemeinen einen größeren Durchmesser hat, daß inner-

halb der drei erwähnten Flächen sich drei Rotoren (70, 72) von linsenförmigem Querschnitt drehen, der von ein und demselben Kreisumfang gebildet wird und daß die Rotoren (70, 72) mit Abdichtungselementen (66, 68; 77, 79) an allen ihren Kanten versehen sind, so daß sie beim Drehen auf geradlinigen, auf den beiden den Stator (88f) abschließenden Seitenabdeckungen gelagerten Achsen zwei Räume von veränderlichem Volumen bilden, in denen auf das Fördermedium eingewirkt wird.

- 8.) Maschine nach Anspruch 1, für den Betrieb als gemischte Verdrängungspumpe, bestehend aus drei geschlossenen Körpern, wobei der mittlere Körper bzw. Stator an beiden Seiten von zwei Abdeckungen abgeschlossen wird, die die Lager und verschiedene Schmierleitungen enthalten, der mittlere Körper bzw. Stator zwei Austrittsleitungen für das zu verarbeitende Strömungsmittel aufweist und die genannten Leitungen in Verbindung mit einer inneren zentralen Aussparung des erwähnten Stators der Pumpe stehen, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte Aussparung (89) von zwei sich schneidenden zylindrischen Flächen gleichen Durchmessers gebildet wird, die symmetrisch um eine zentrale zylindrische Fläche herum angeordnet sind, welche im allgemeinen einen größeren Durchmesser hat, daß innerhalb der drei erwähnten zylindrischen Flächen sich drei Rotoren (70, 72) von linsenförmigem Querschnitt drehen, der durch ein und denselben Kreisumfang gebildet wird, daß die Rotoren (70, 72) Abdichtungselemente (66, 68; 77, 79) an allen ihren Kanten aufweisen, daß der Kolbenrotor (70) der sich innerhalb der größeren zylindrischen Fläche dreht, Kanäle in Form von Spiralen (74) hat, die mit den inneren Kammern des Stators (88g) in Verbindung stehen sowie nach außen hin über eine ringförmige Eintrittsöffnung verbunden sind, welche um die Achse herum

angeordnet ist, wobei die ringförmige Eintrittsöffnung außerdem durch eine der Seitenabdeckungen führt, so daß sie die Eintritts- bzw. Ansaugöffnung der Pumpe bildet.

- 9.) Verfahren zur Herstellung einer Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche und insbesondere zur geometrischen Konstruktion der gekrümmten Profile der miteinander verbundenen Rotoren dadurch gekennzeichnet, daß zwei willkürliche Kreisflächen ausgewählt werden, die sich rechtwinklig schneiden und daß die genannten beiden Kreisflächen so mit gestrichelten Linien gebildet werden, daß die größere Kreisfläche auf der kleineren mit der durchgehenden Linie zu liegen kommt und die kleinere gestrichelte sich innerhalb der größeren mit der durchgehenden Linie befindet, daß mit Mittelpunkt im Schnittpunkt beider Kreisflächen mit gestrichelter Linie von den diametral gegenüberliegenden Punkten aus auf den gestrichelten Kreisflächen vier Bögen gezogen werden, deren Radius gleich dem Abstand zwischen den Mittelpunkten ist, so daß sie zwei linsenförmige Figuren bilden, die über eine ihrer Spitzen innerhalb der ursprünglichen Kreisflächen miteinander Kontakt haben, daß dem gezeichneten Linsenpaar durch Wiederholung einer Linse weitere Linsenpaare hinzugefügt werden können und daß eine Winkelverschiebung der Hauptachsener Linsen vorgenommen werden kann, so daß spiralförmige Rotoren mit den gekrümmten Flächen gebildet werden.

Fig. 1

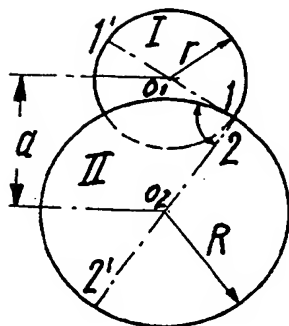


Fig. 2

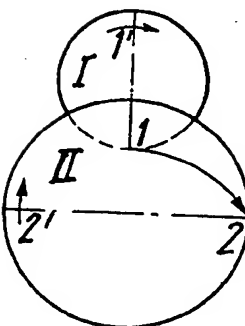


Fig. 3

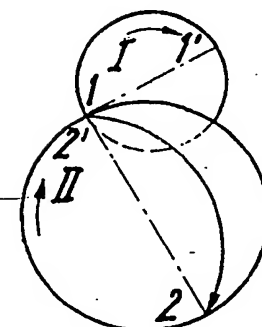


Fig. 4

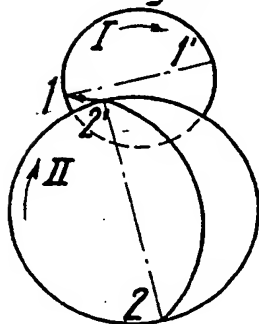


Fig. 5

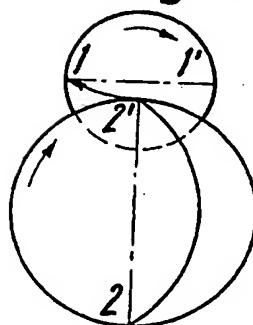


Fig. 6



Fig. 7

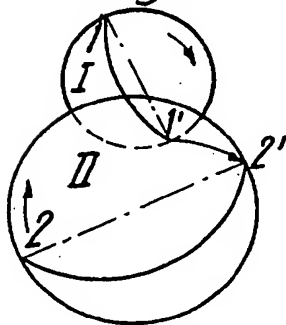


Fig. 8

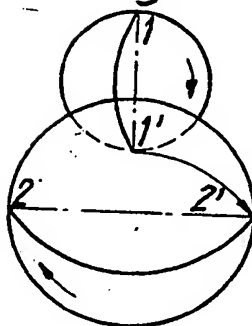


Fig. 9

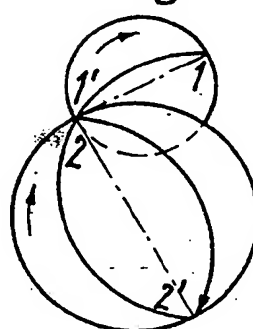


Fig. 10

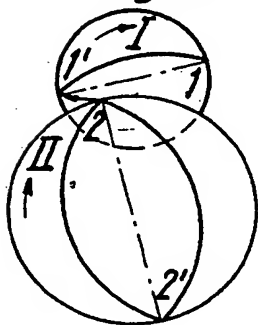


Fig. 11

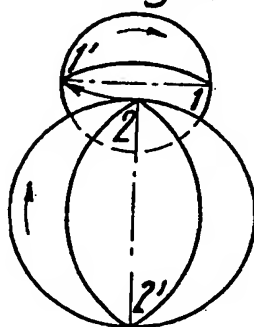
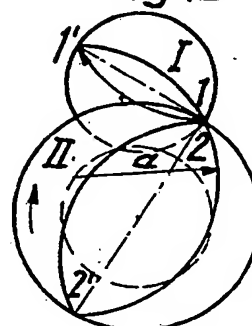


Fig. 12



609808/0619

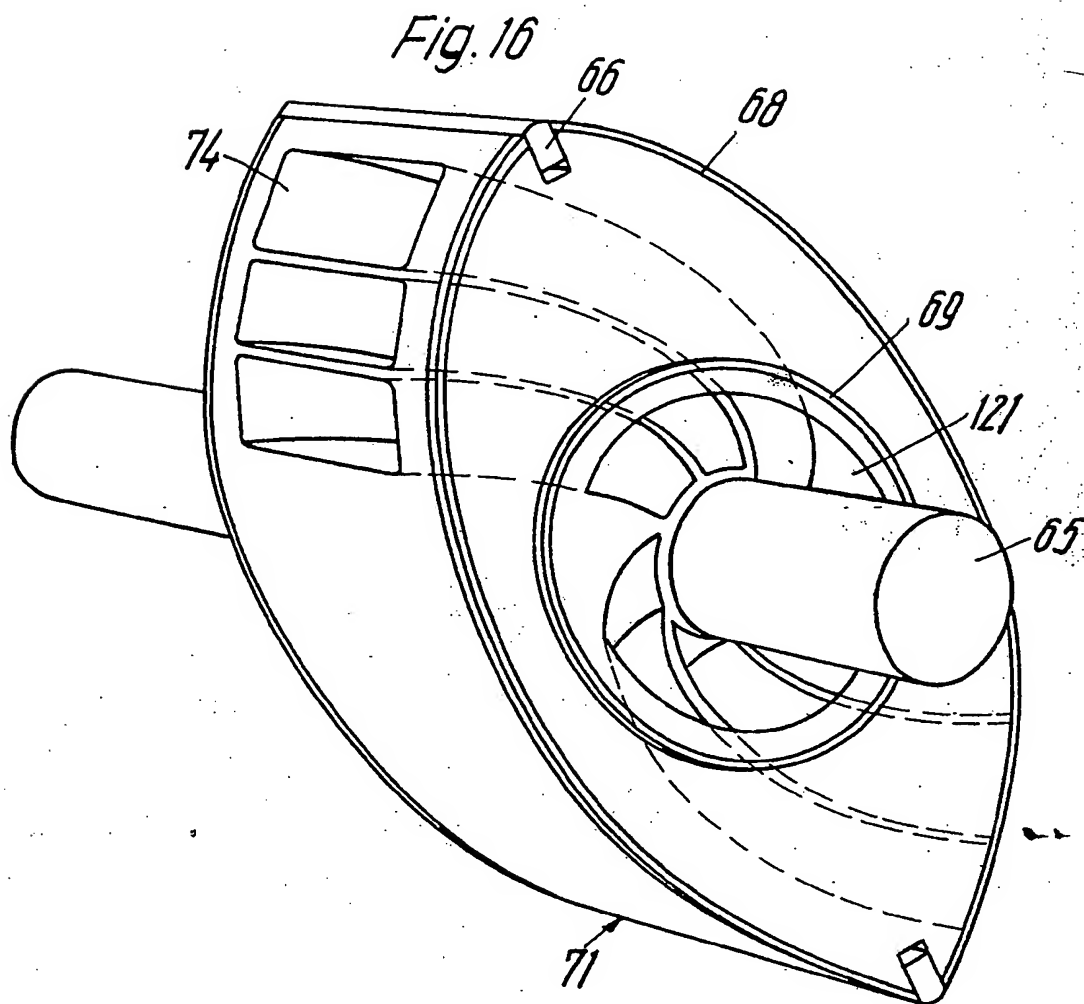
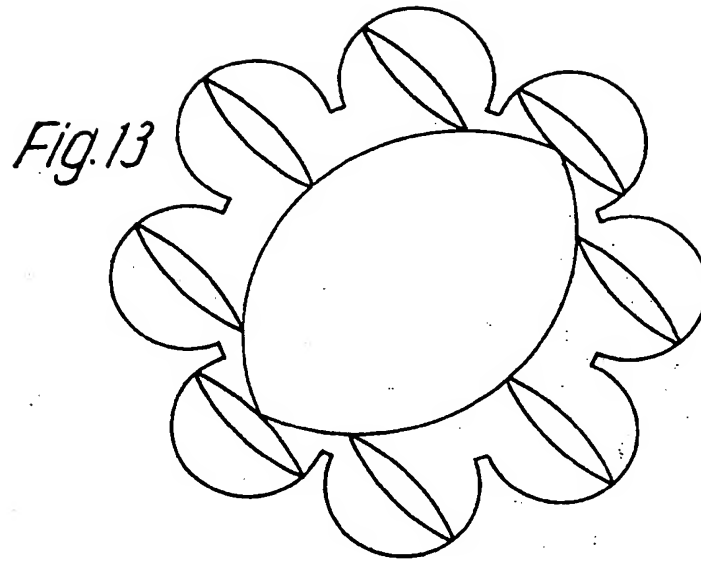


Fig. 14

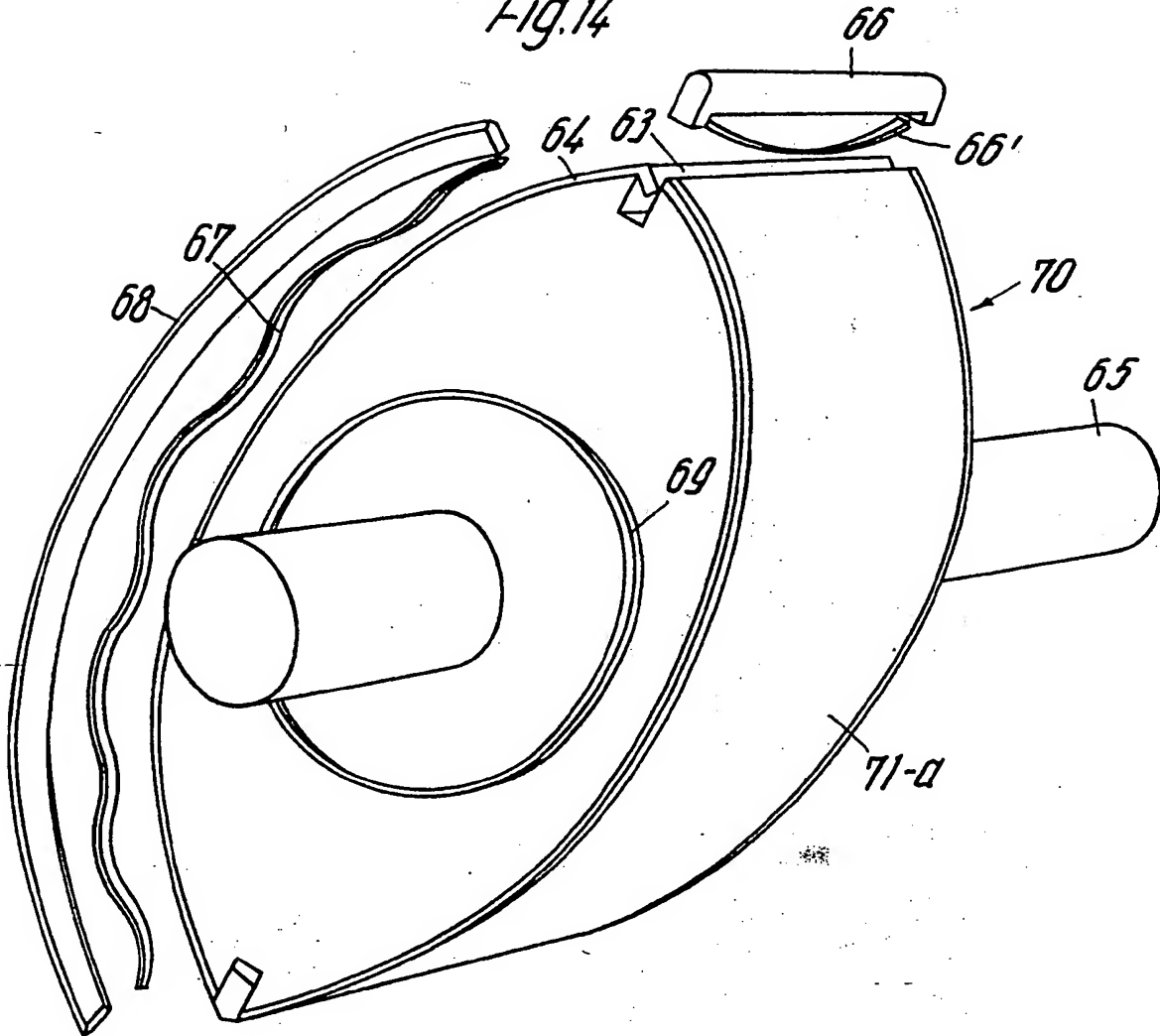
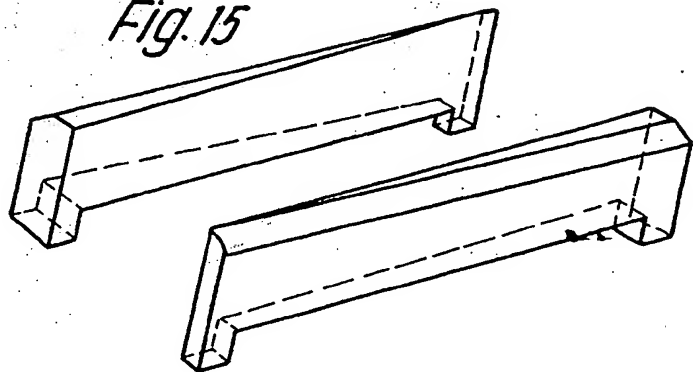


Fig. 15



-41-

Fig. 17

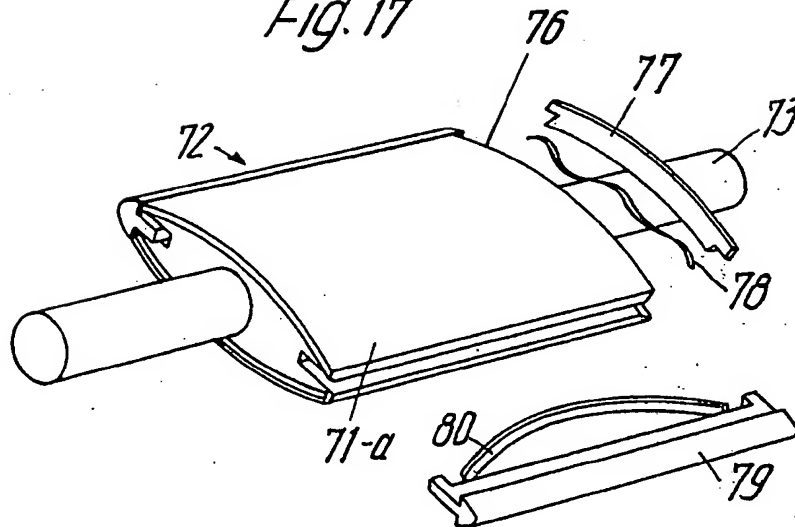


Fig. 18

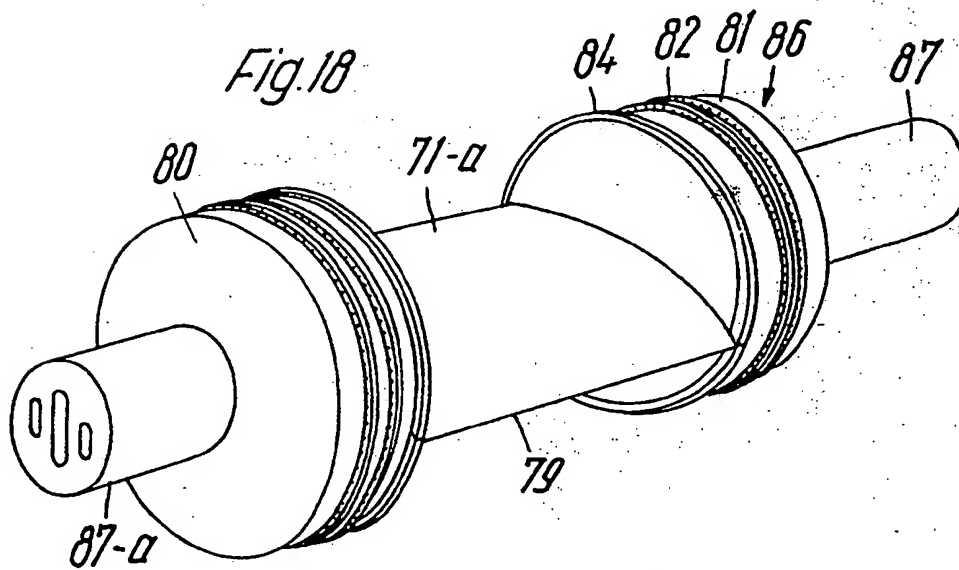


Fig. 19

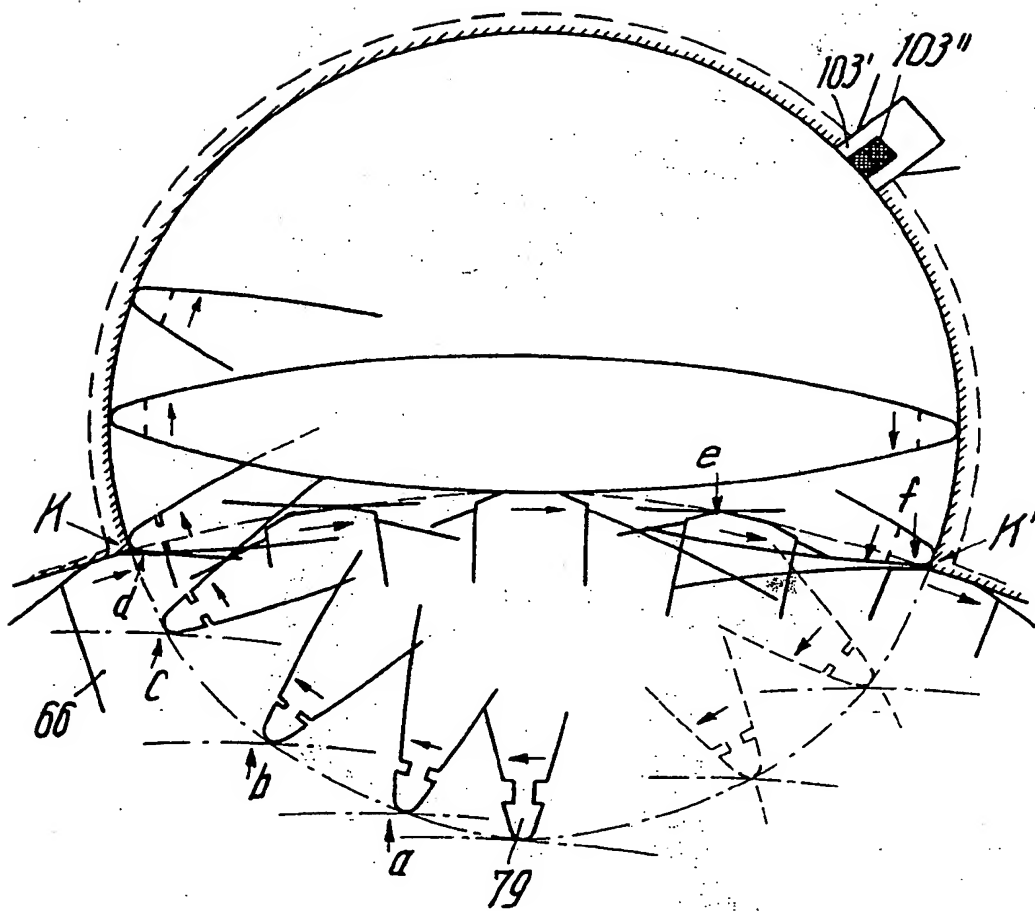


Fig. 19-a

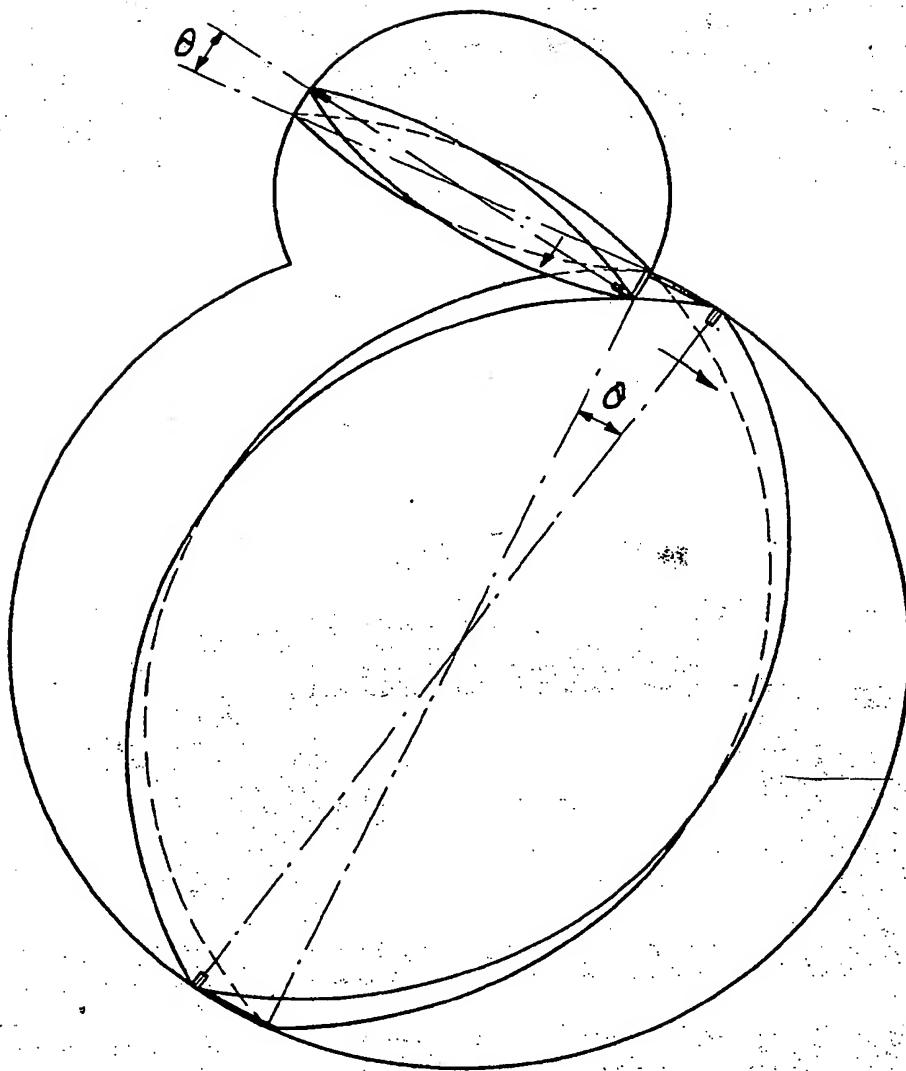


Fig. 19-b

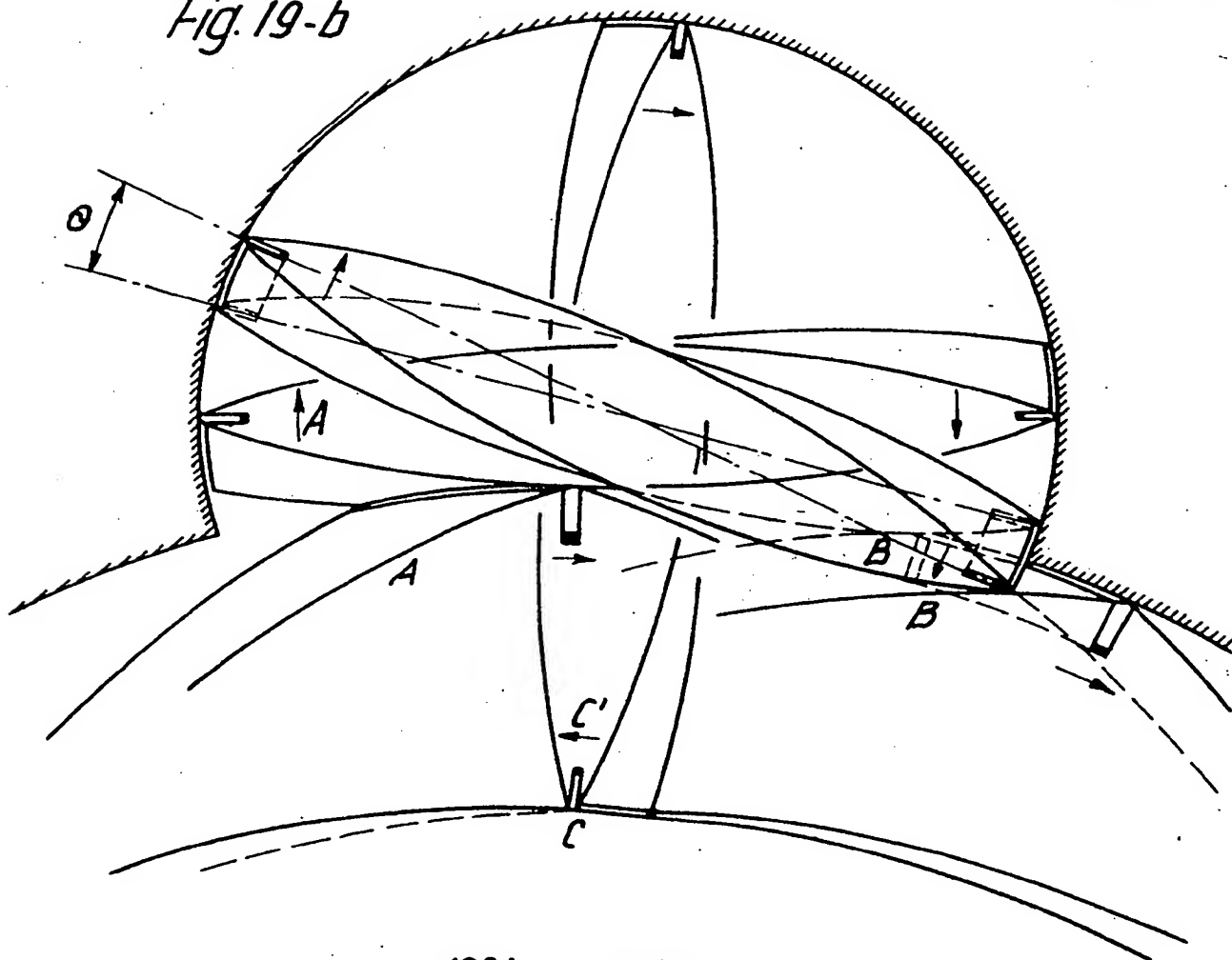
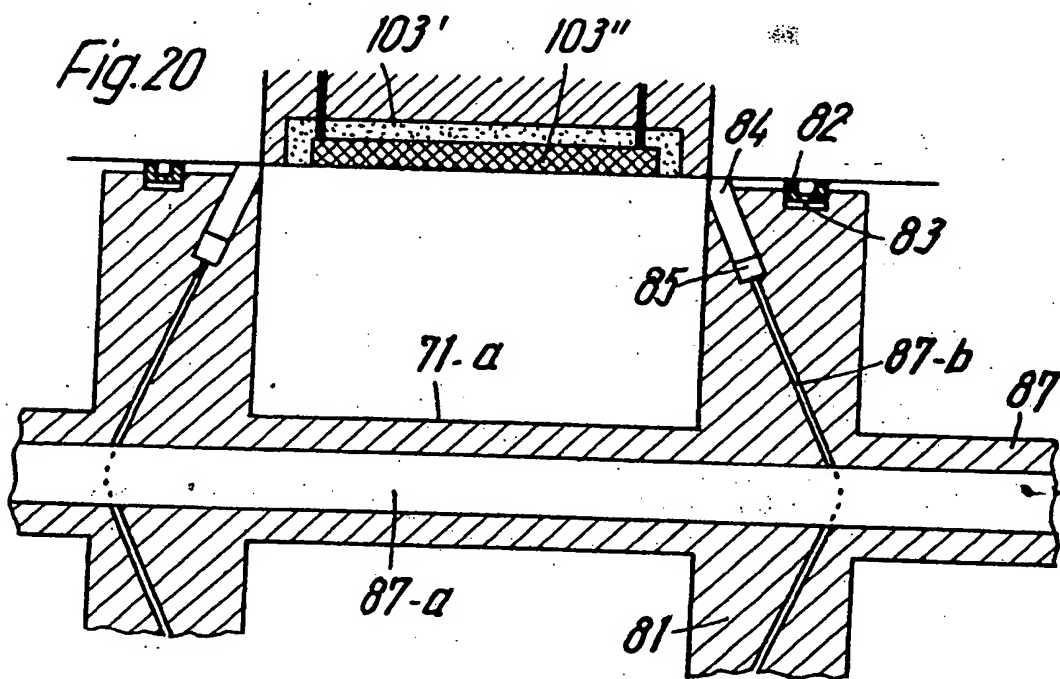


Fig. 20



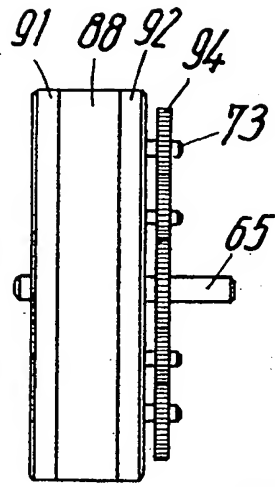
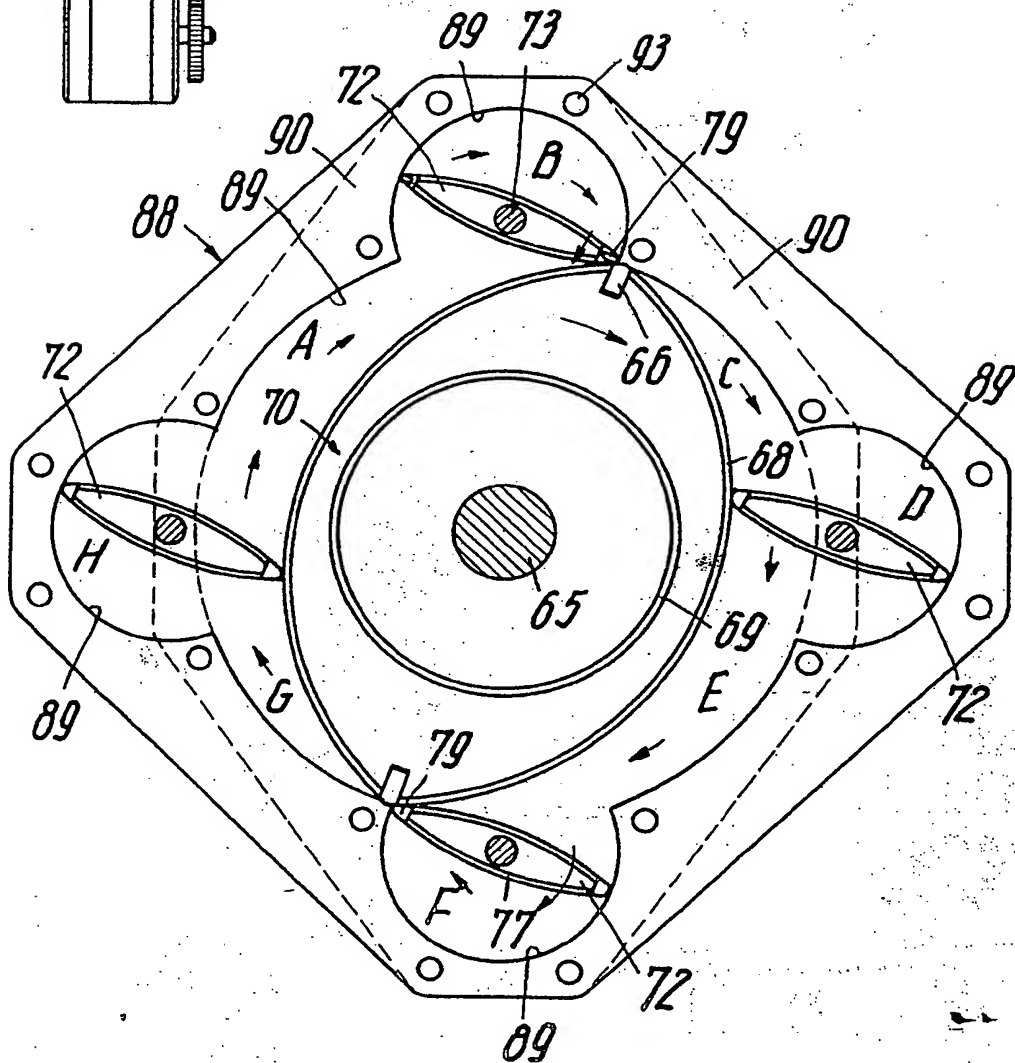


Fig. 21

Fig. 22



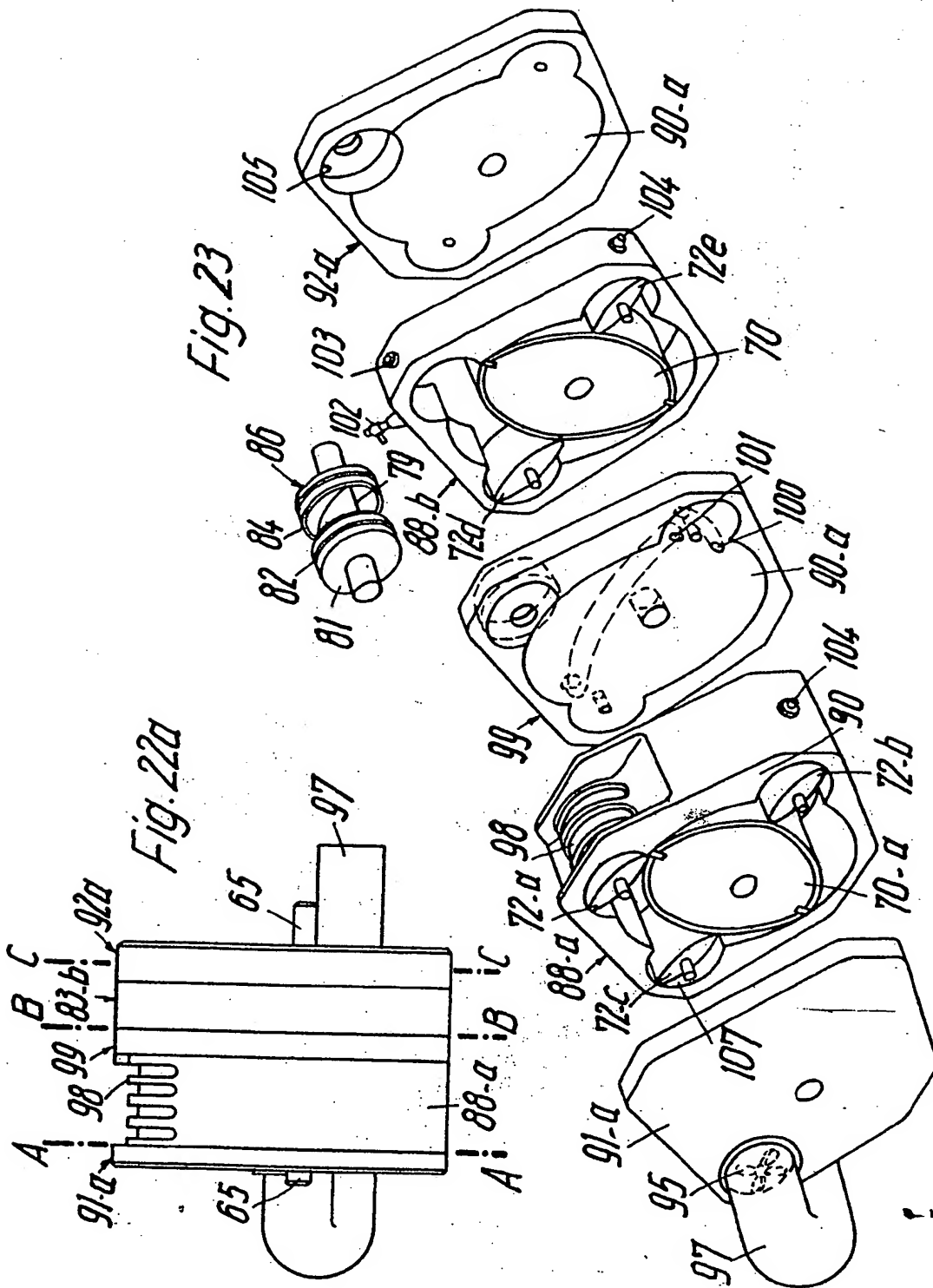


Fig. 24
(A-A)

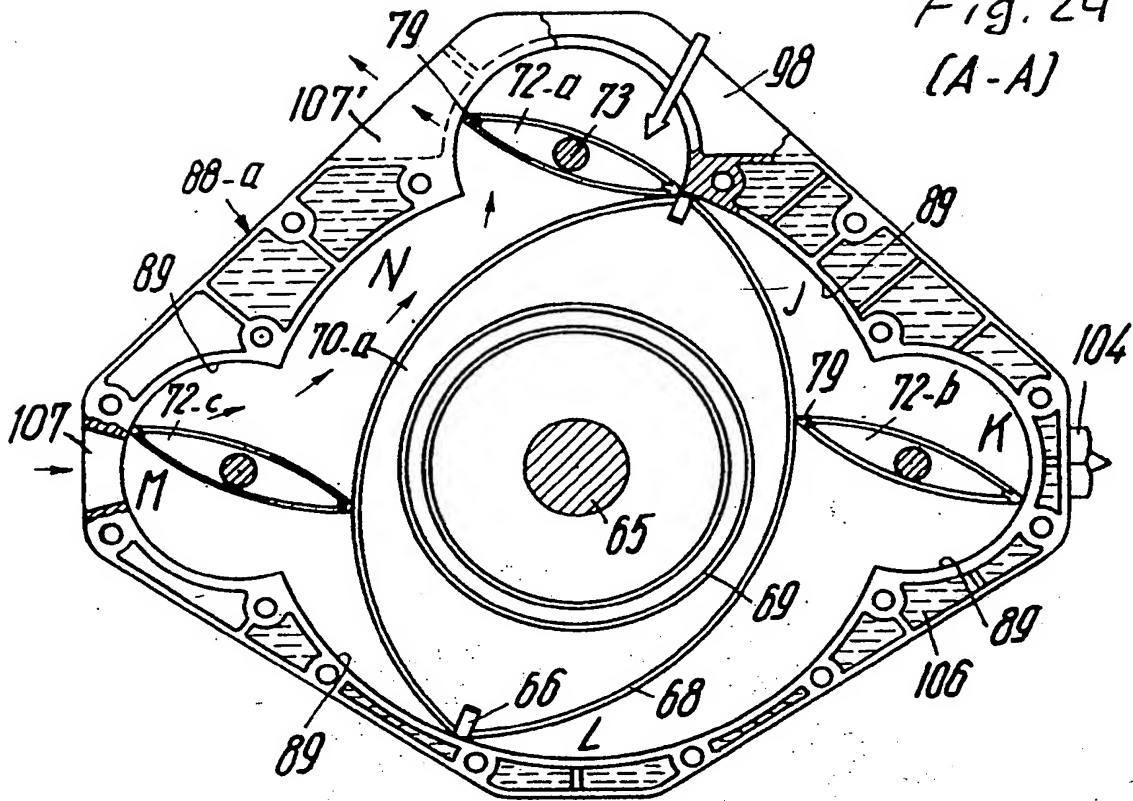


Fig. 25
(B-B)

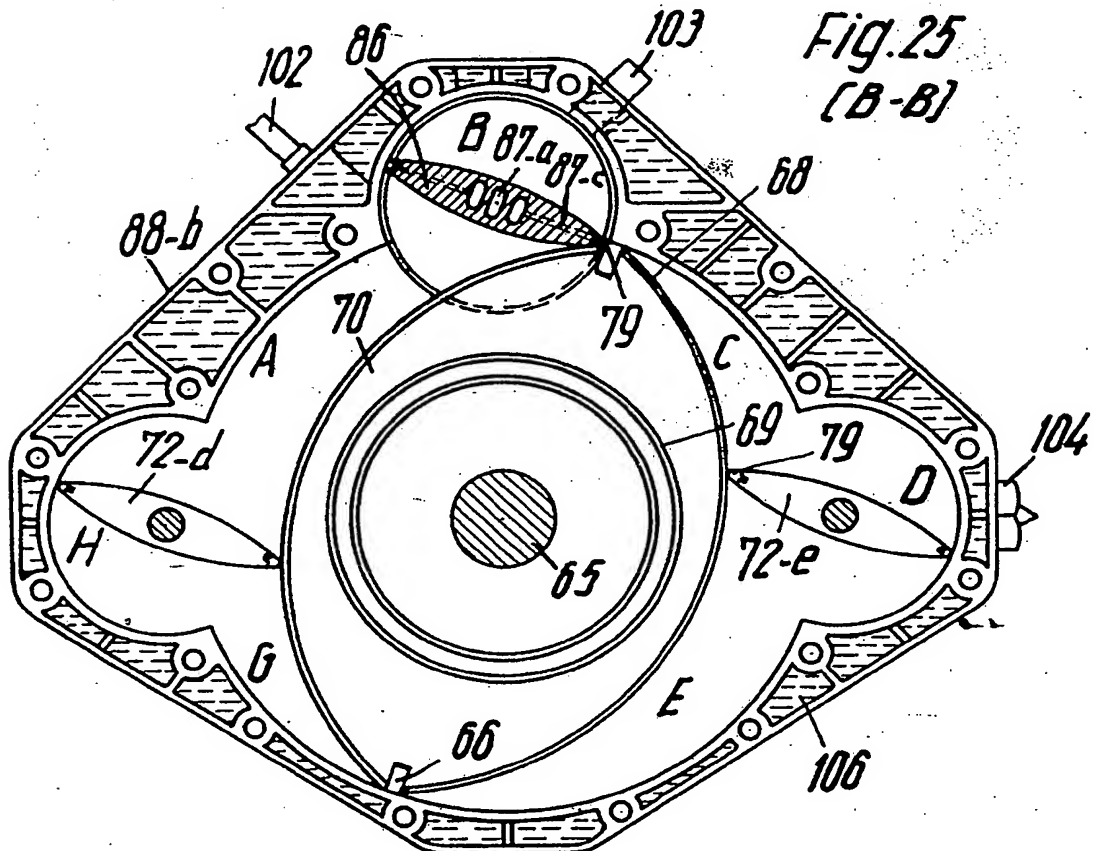
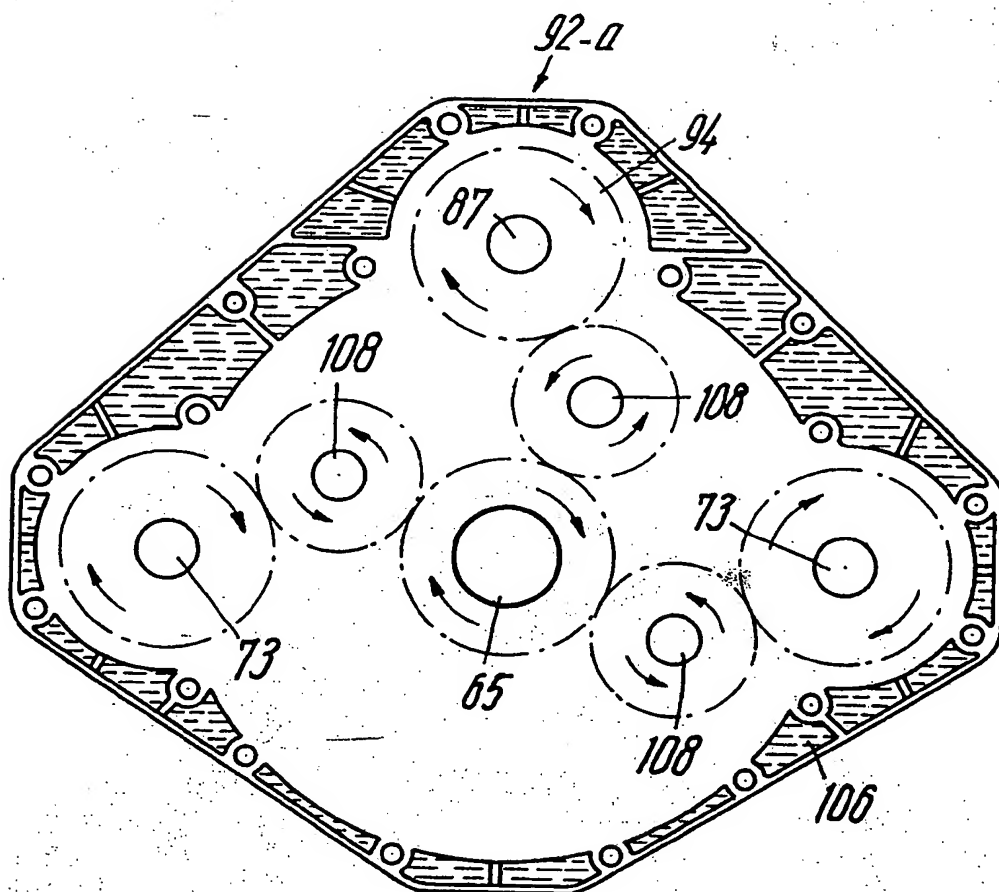


Fig. 26
(C-C)



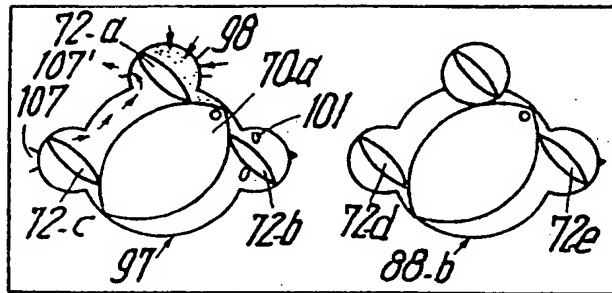


Fig. 27

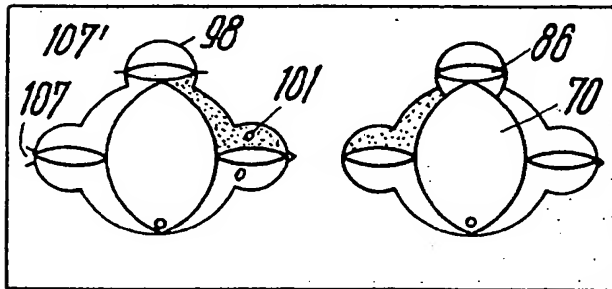


Fig. 30

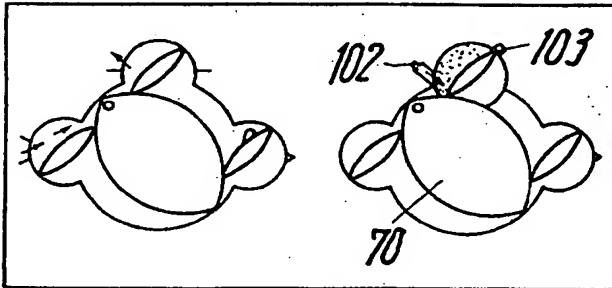


Fig. 33

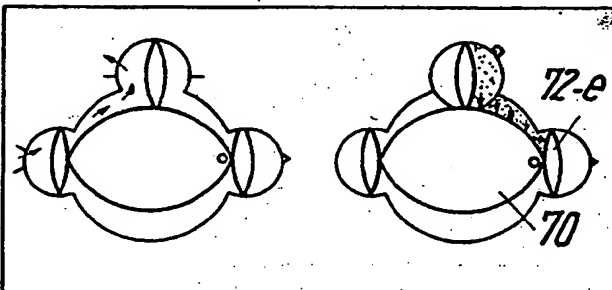


Fig. 35

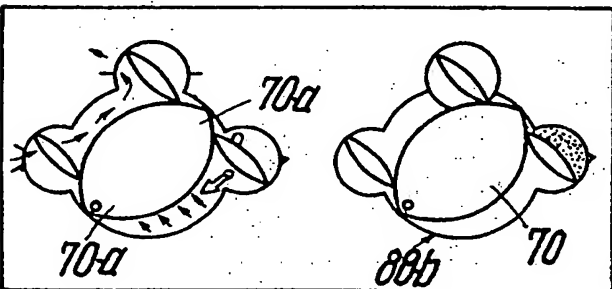


Fig. 39

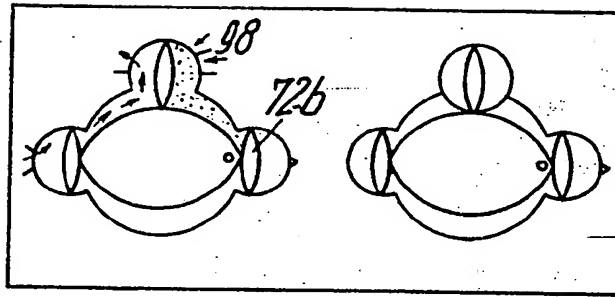


Fig. 28

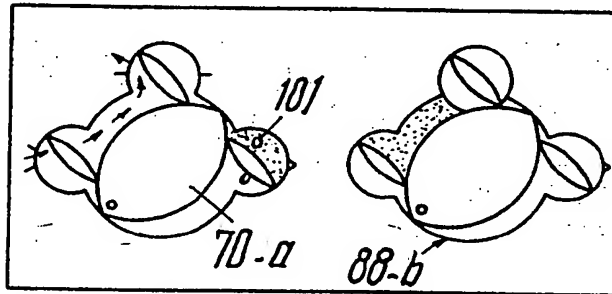


Fig. 31

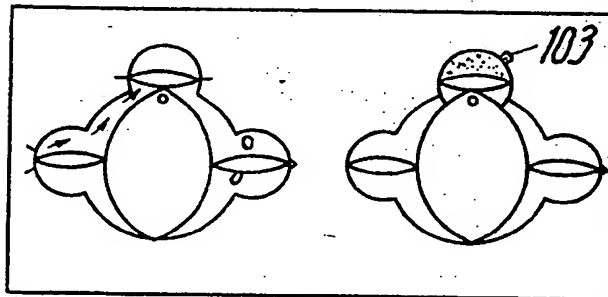


Fig. 34

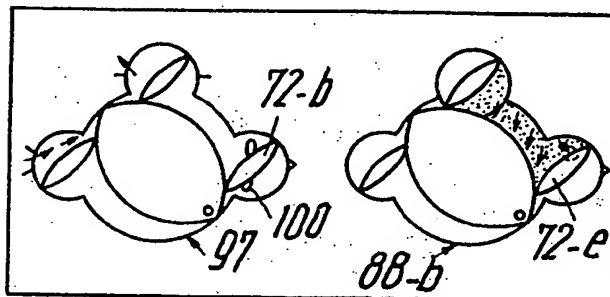


Fig. 37

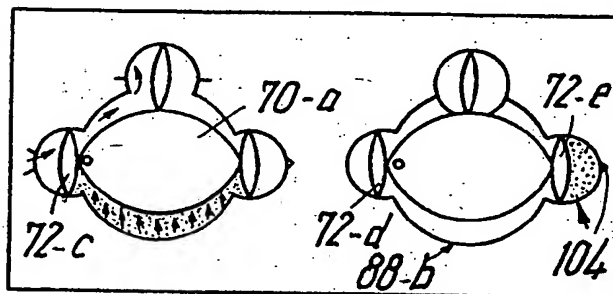


Fig. 40

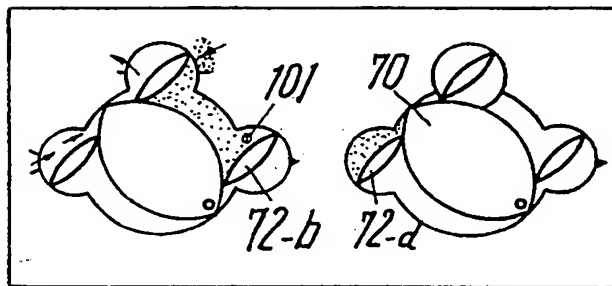


Fig. 29

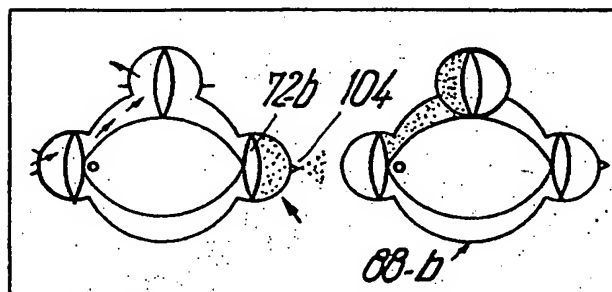


Fig. 32

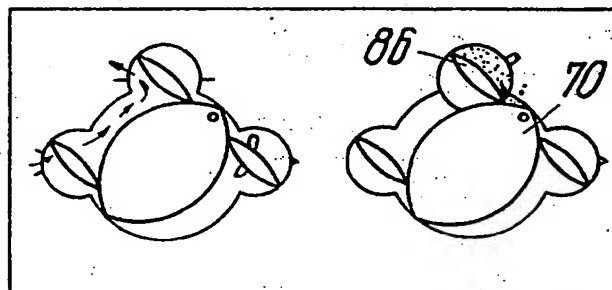


Fig. 35

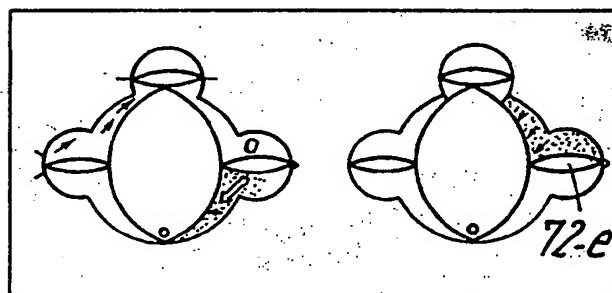


Fig. 38

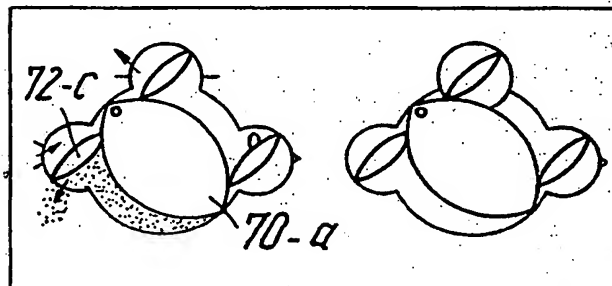


Fig. 41

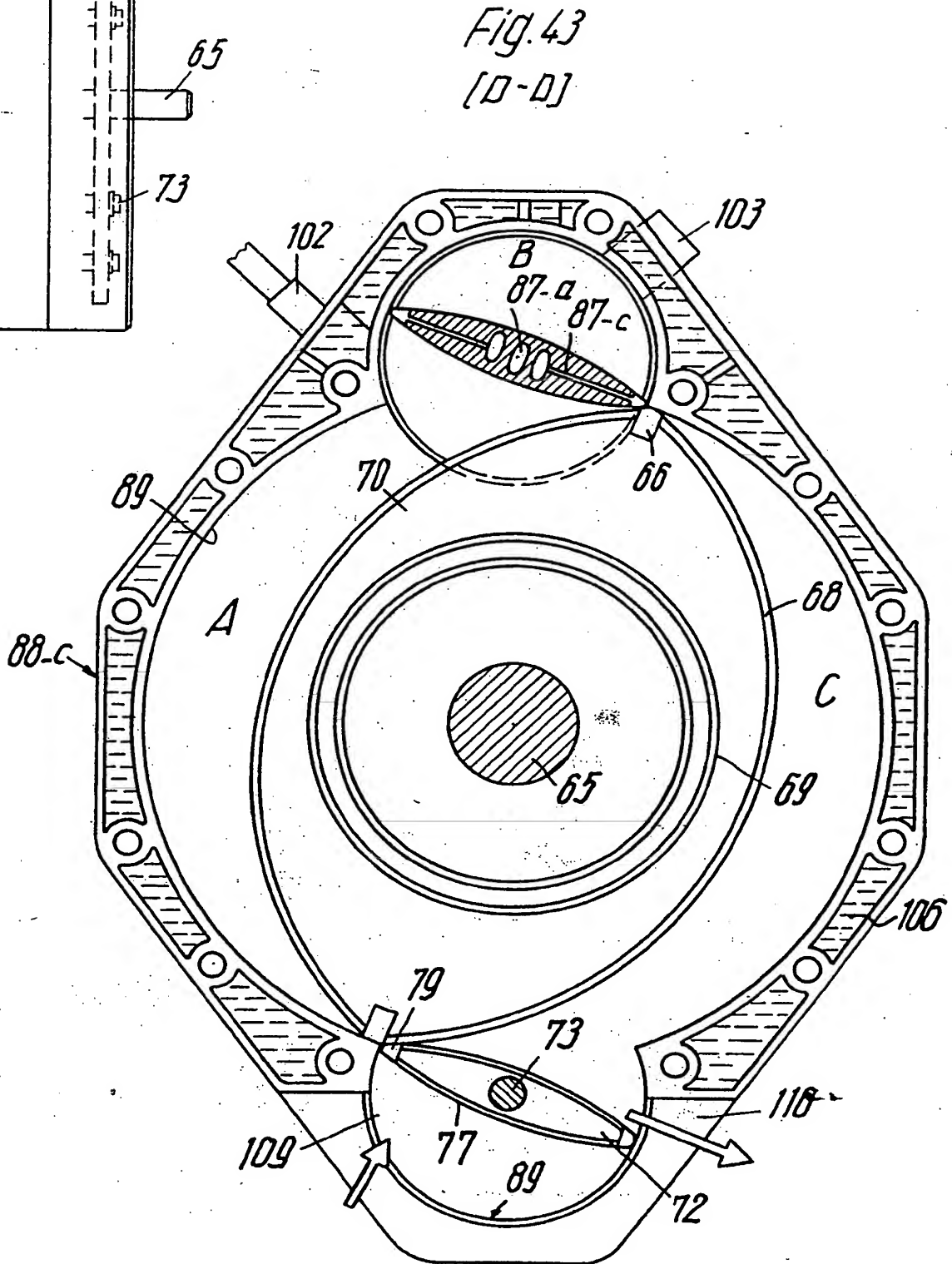
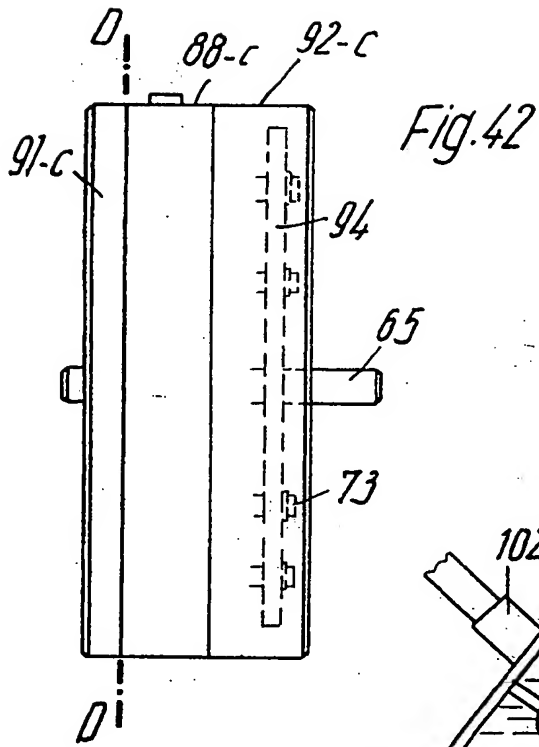


Fig. 44

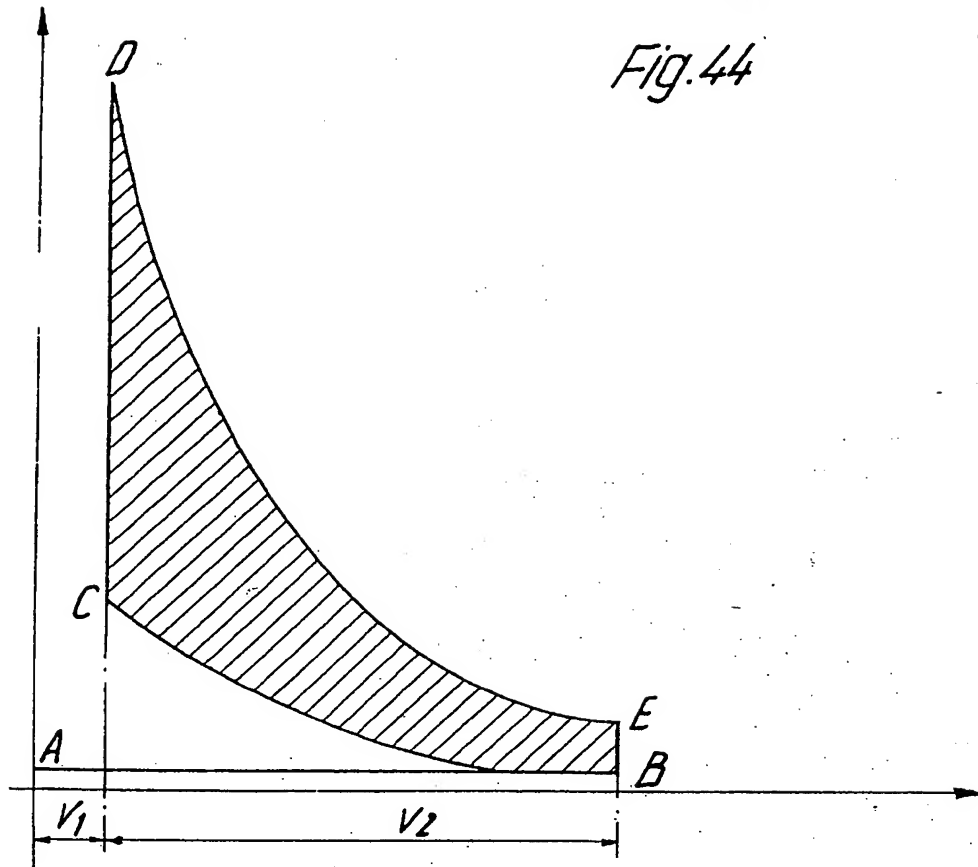
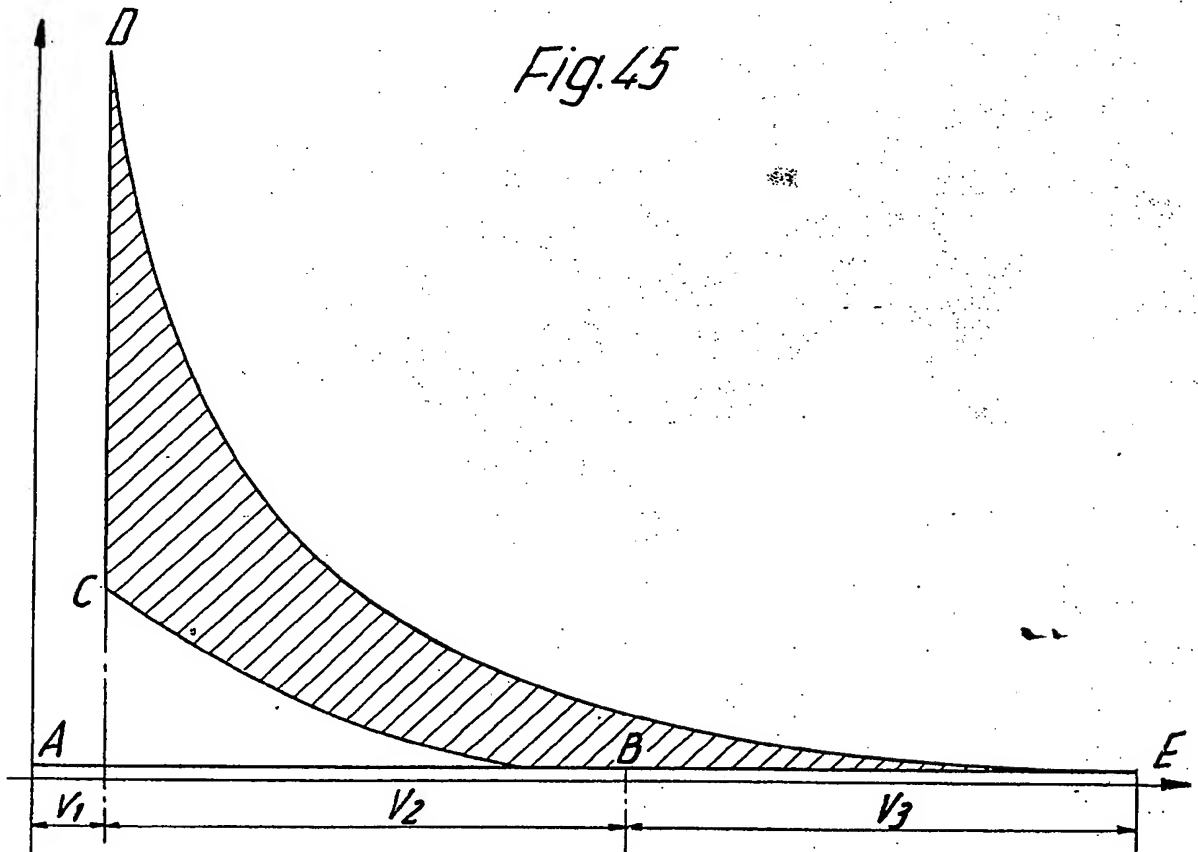


Fig. 45



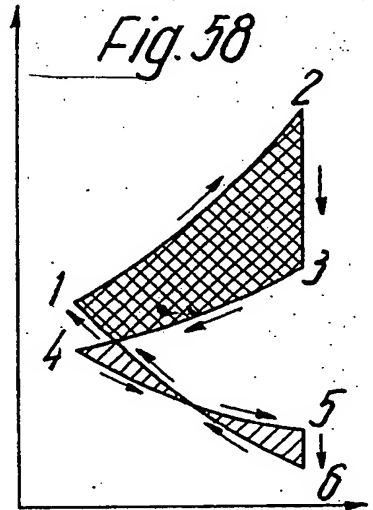
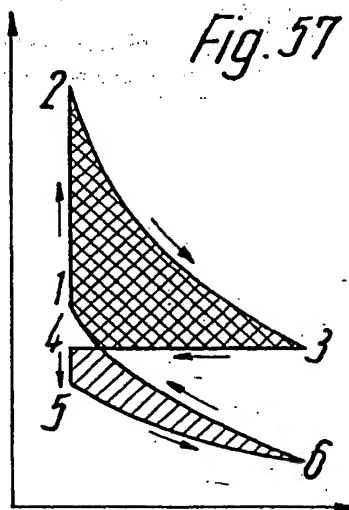
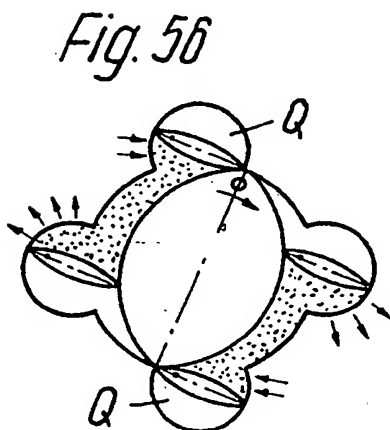
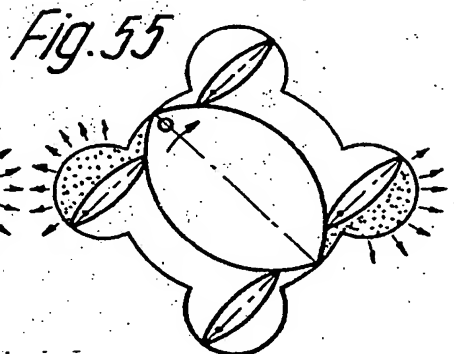
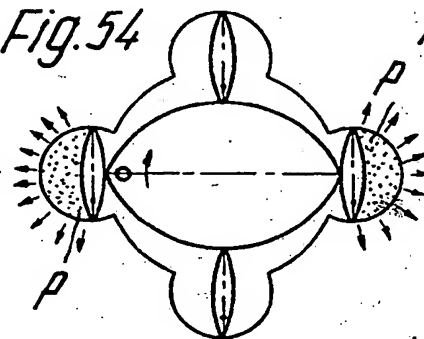
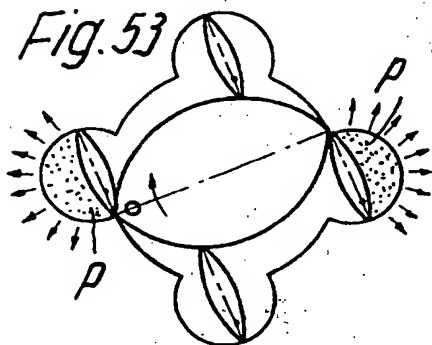
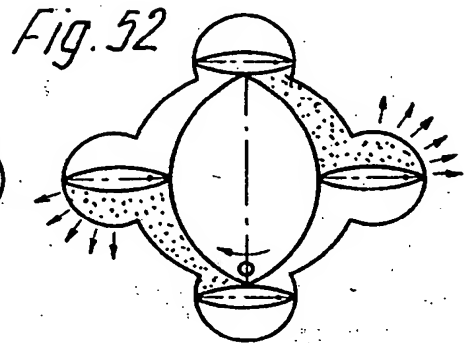
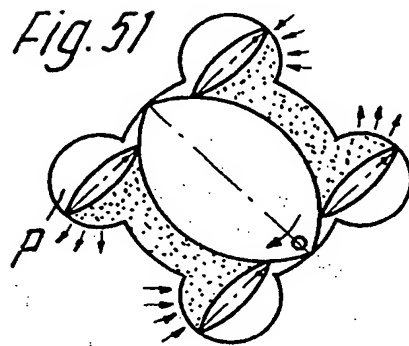
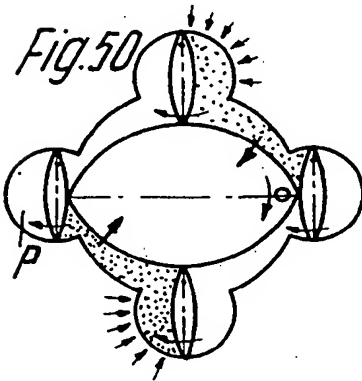
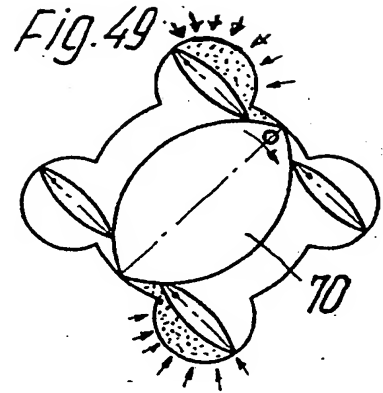
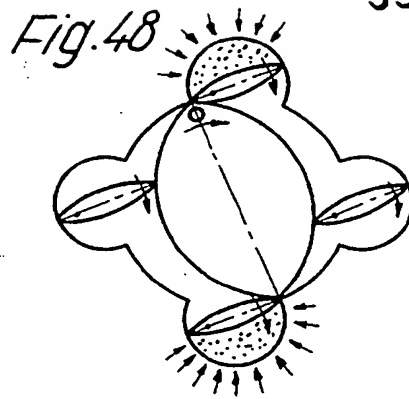
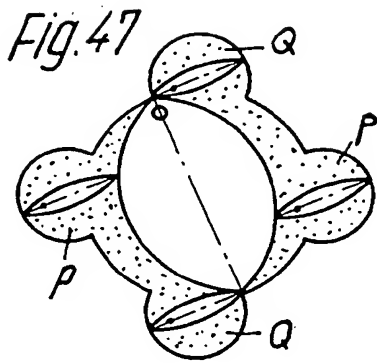


Fig. 59

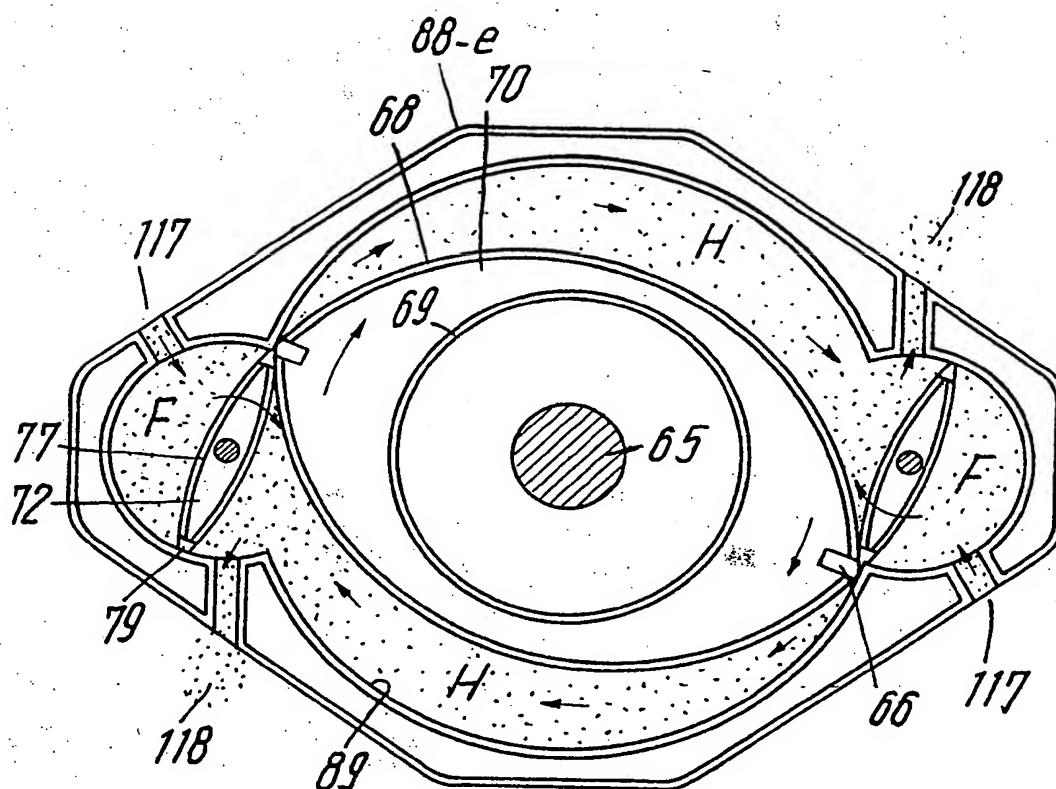
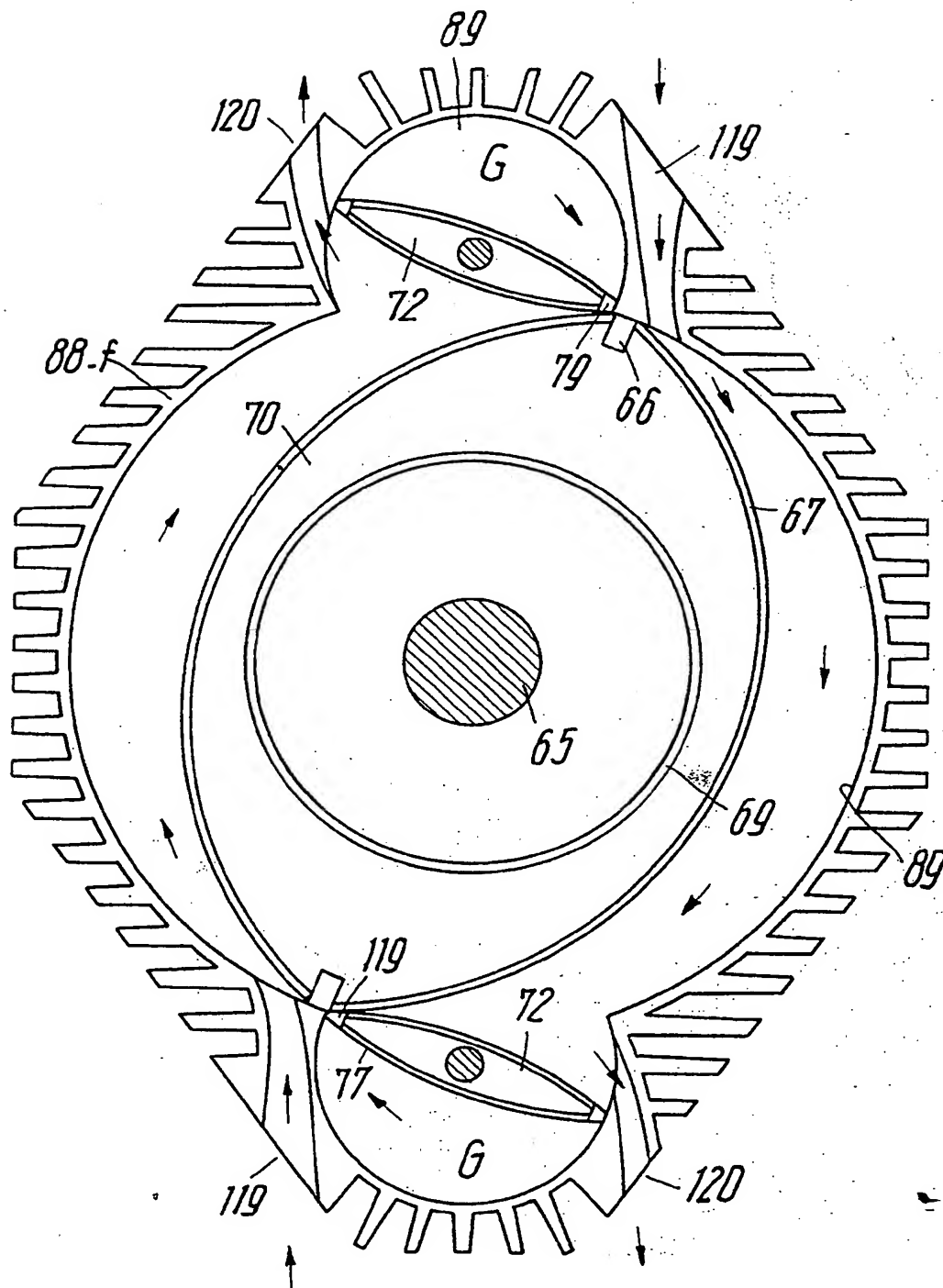
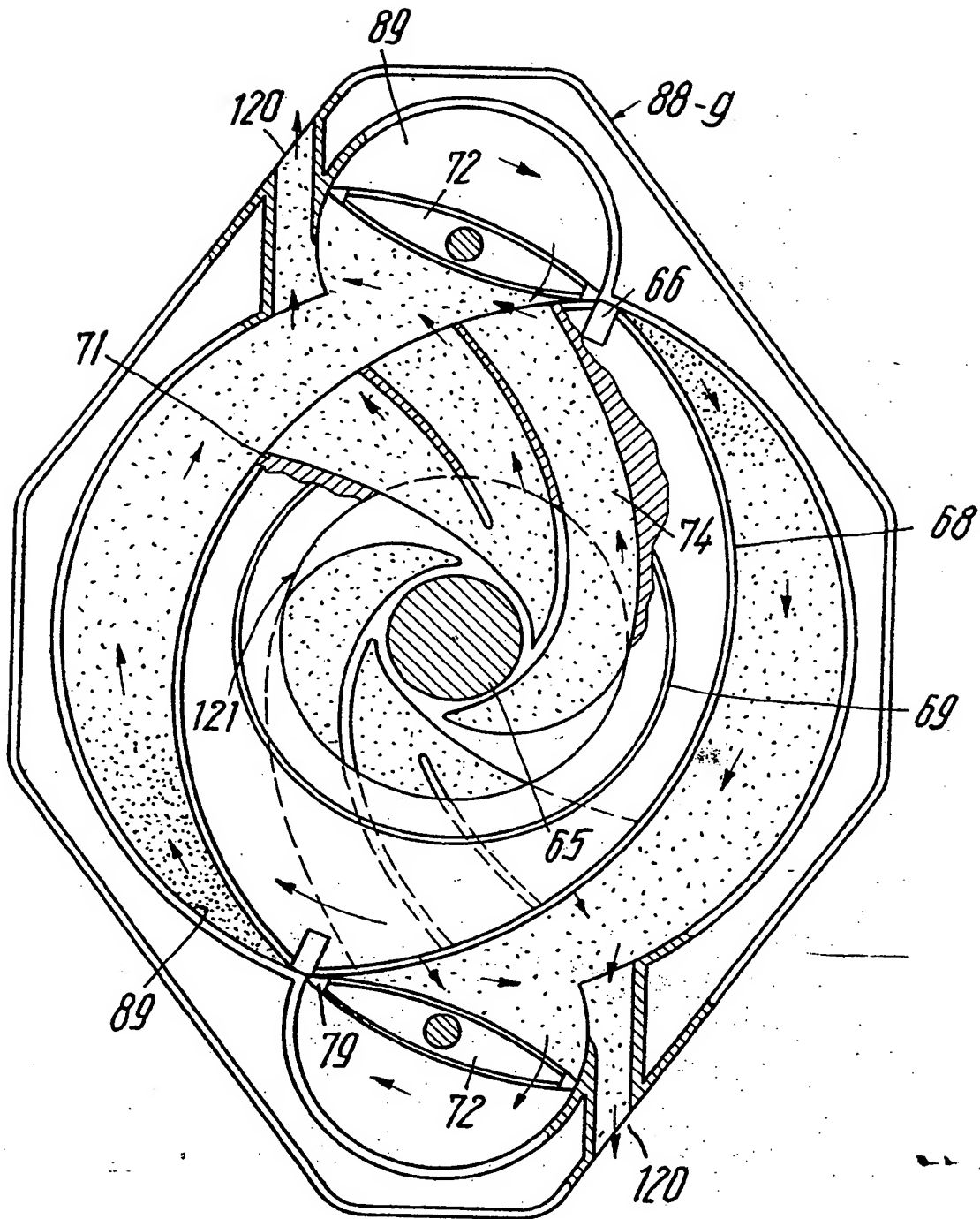


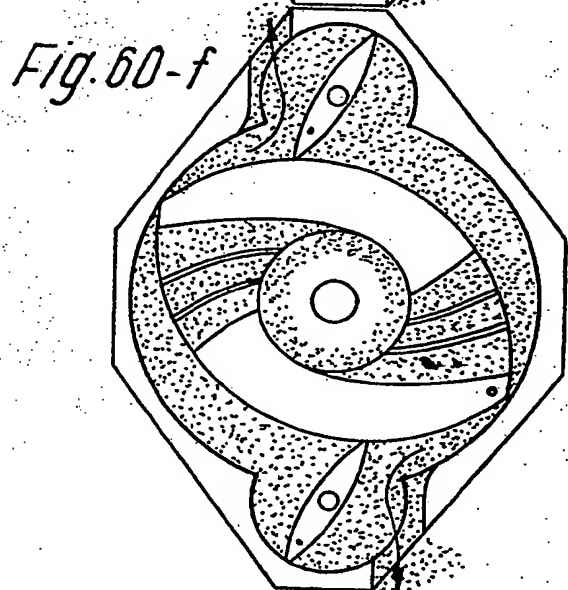
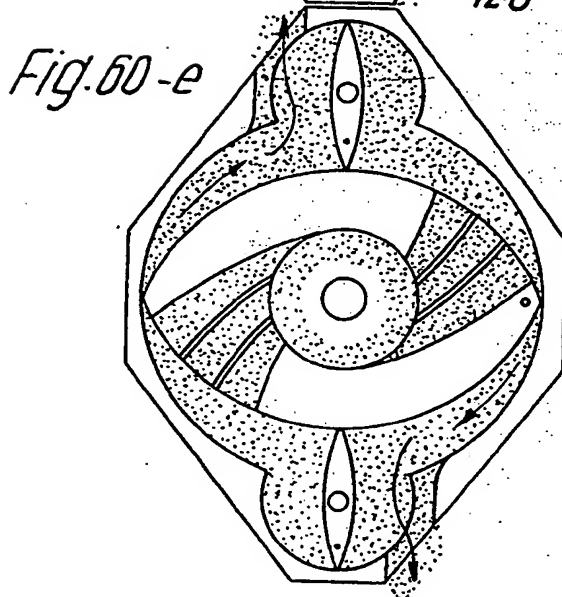
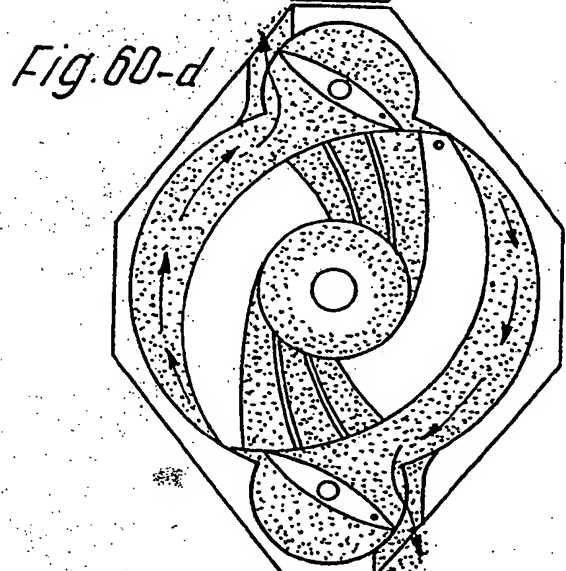
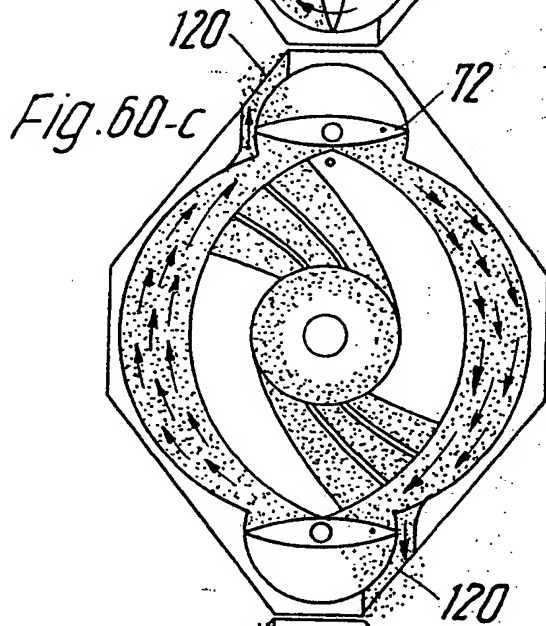
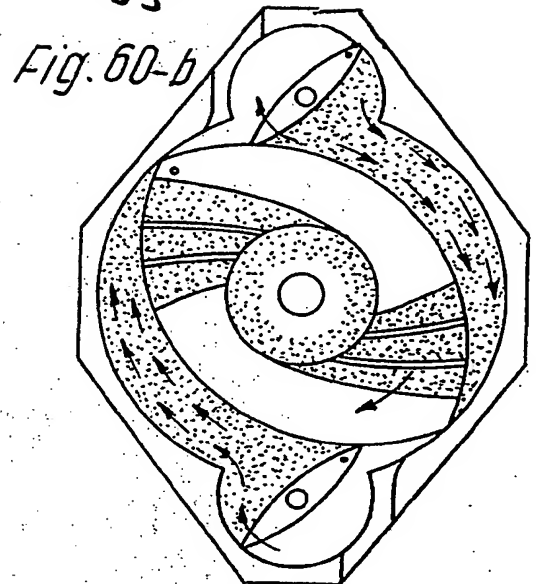
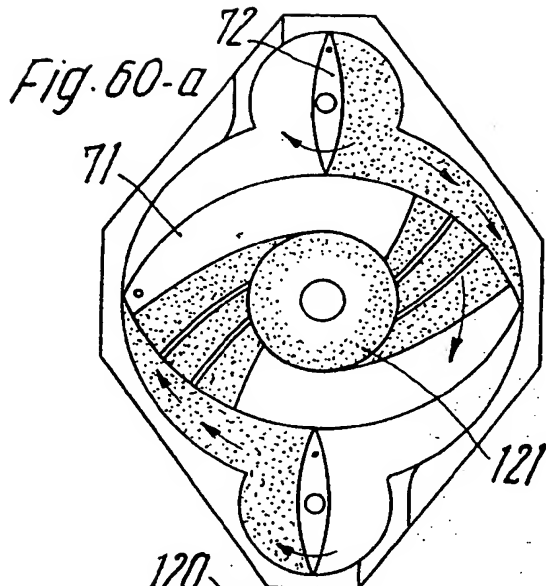
Fig. 59-a



609808/0619

Fig. 60





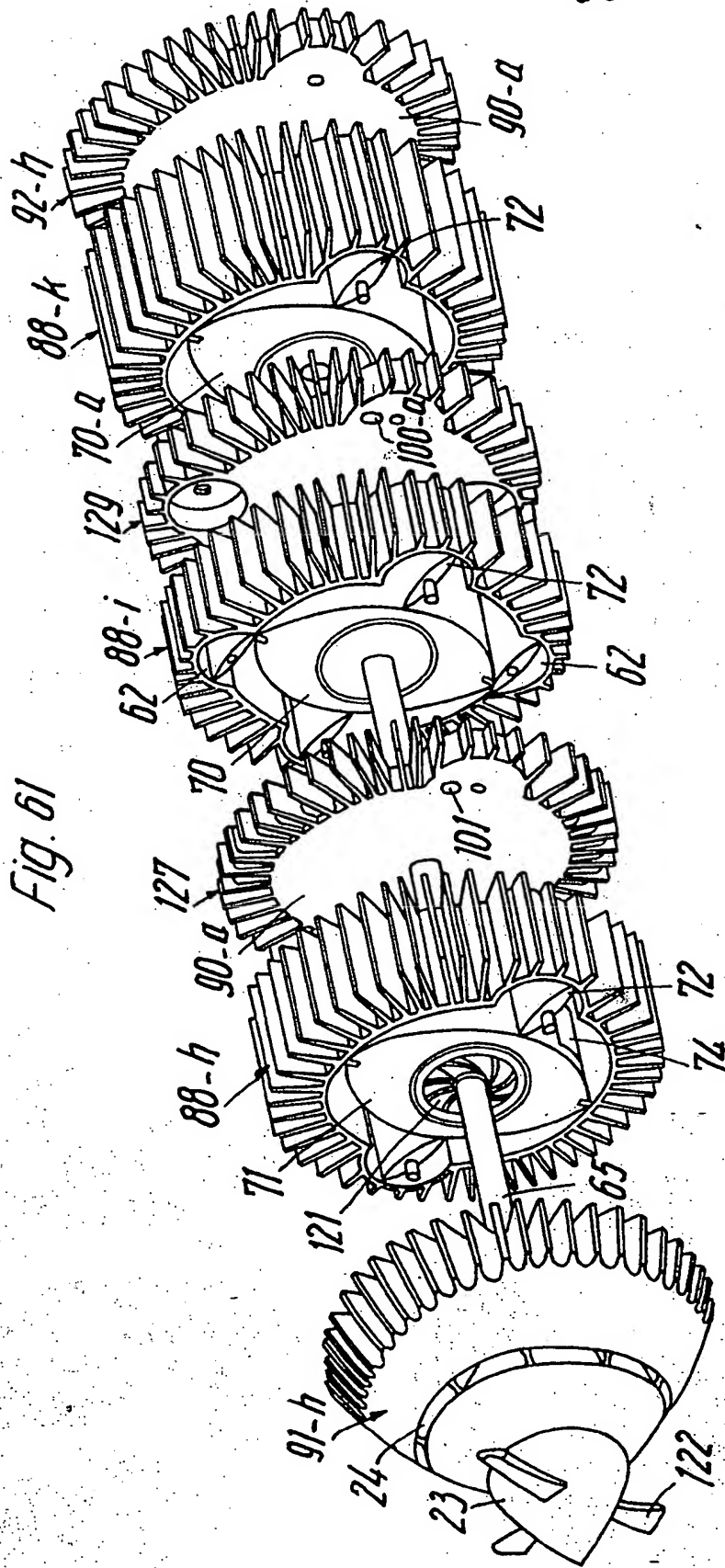


Fig. 61-a

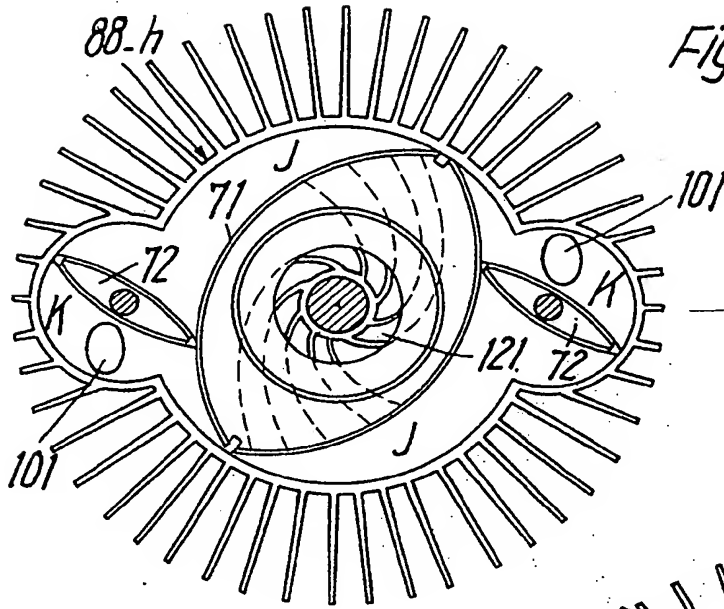


Fig. 61-b

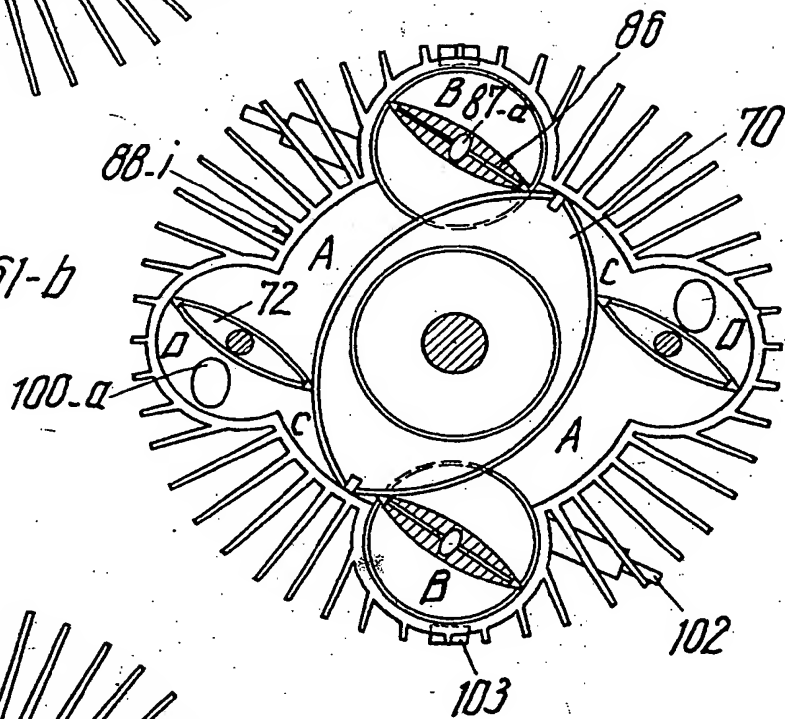


Fig. 61-c

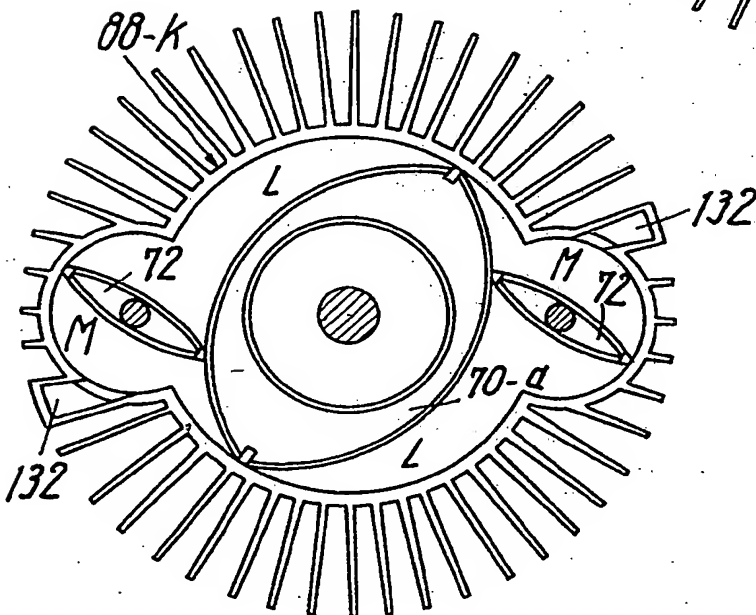


Fig. 62

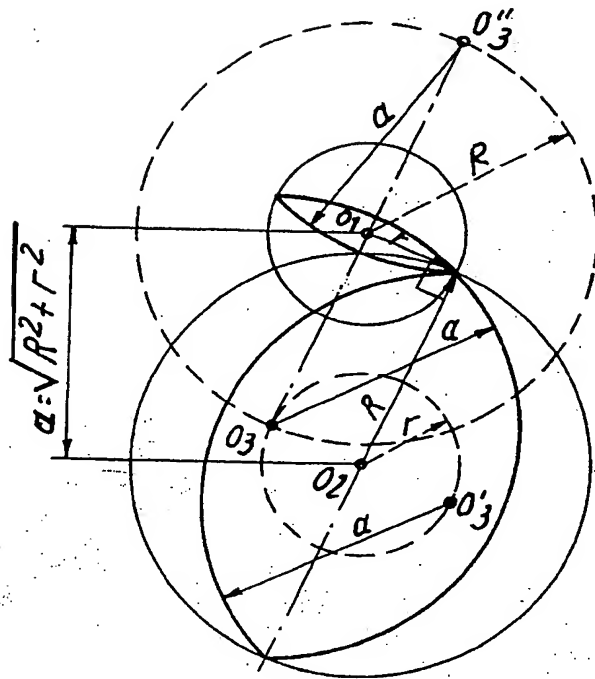


Fig. 62-a

